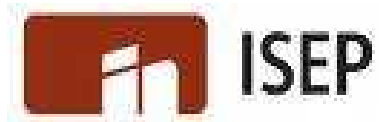


# OPTIMIZAÇÃO DE RECURSOS NUMA INDÚSTRIA DE CURTUMES

Ana Catarina Lopes Dias

Julho de 2009



# Optimização de Recursos numa Industria de Curtumes

Ana Catarina Lopes Dias



**Orientador:**

Doutor António Alfredo Crispim Ribeiro

**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO**

MESTRADO EM ENGENHARIA QUÍMICA

RAMO OPTIMIZAÇÃO ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA QUÍMICA



# Optimização de Recursos numa Indústria de Curtumes

Ana Catarina Lopes Dias

Julho de 2009

Orientador: Doutor António Alfredo Crispim Ribeiro



## Agradecimentos

Agradeço ao Doutor Alfredo Crispim pela sua orientação, disponibilidade ao longo deste trabalho, pela riquíssima experiência como engenheiro e como curtidor, e cuja persistência e vontade de trabalhar terei em mente ao longo da minha vida

Agradeço imenso à empresa *Curtumes Aveneda Lda* e a todos os seus trabalhadores, que me ofereceram todas as condições, amizade, disponibilidade permanente, incentivo, conhecimentos, e em particular:

- Ao Sr. José Andrade, Sócio-Gerente da empresa *Curtumes Aveneda Lda.*, pela oportunidade, pelo incentivo e encorajamento constante;
- Ao Sr. António Novo, Sócio-Gerente da empresa *Curtumes Aveneda Lda*, pela oportunidade, pela sua sabedoria e elevada experiência no sector dos curtumes, e pelos valiosos conselhos e compreensão;
- Ao Sr. Seixas pela orientação mecânica e de marcenaria da empresa e pelos experientes conselhos;
- Ao Sr. Chaves por tudo o que me ensinou, pelo exemplo que transmite de dedicação e de gosto pela arte de curtir, pela incansável compreensão, pela imensa vontade de ensinar e transmitir o que é a indústria de curtumes e por tudo o que representou na elaboração desta tese;

Quero também agradecer a todos os nobres Engenheiros do Departamento de Engenharia Química do Instituto Superior de Engenharia do Porto, por tudo o que me ensinaram e inculcaram enquanto engenheira e enquanto pessoa ao longo destes anos de estudo

Agradeço incondicionalmente à minha família, em particular aos meus pais e ao meu irmão por todos os anos de sacrifício a todos os níveis, por serem os meus companheiros de vida, por acreditarem sempre na realização do meu propósito profissional e por tudo o que são para mim

Ao Nuno Ribeiro por tudo o que é na minha vida e por estar sempre ao meu lado

## Resumo

O presente relatório descreve o trabalho de estágio efectuado na empresa *Curtumes Aveneda, Lda* com o objectivo de otimizar recursos como a água e energia.

Foi realizado um diagnóstico energético que permitiu concluir que o consumo de energia na empresa é de 300 tep/ano, pelo que a empresa não é obrigada a adoptar as medidas de Regulamento de Gestão do Consumo de Energia (RGCE). O mesmo diagnóstico aponta para a existência de ineficiências, nomeadamente na tinturaria.

Assim, foi projectado um sistema de controlo para adição de água na tinturaria com o intuito de reduzir o consumo de energia e água, e também melhorar a qualidade dos processos de tinturaria, dado que a adição de água é feita manualmente sem controlo de quantidade. Após consulta de fornecedor, o investimento em equipamento para tal sistema é de 10.012,00€

Foi desenvolvido um processo de recurtume compacto no sentido de promover a redução do consumo de água e de energia. Tal processo, quando comparado com um processo normal da empresa, gera uma redução de energia eléctrica no valor de 6.157,05 €/ano, uma redução no consumo de energia térmica da ordem de 904,00 €/ano, e ainda uma redução do consumo de água na ordem de 962 m<sup>3</sup>/ano correspondente a uma redução de 2.998,76 €/ano no tratamento de efluentes.

Outras medidas foram sugeridas, mas sem uma fundamentação técnica e científica suficiente pelo que carecem de um estudo pormenorizado, como a instalação de arrancadores progressivos nos motores dos fulões, a optimização do aquecimento do ar de secagem na estufa com eventual recurso a painéis solares, e a optimização do funcionamento da caldeira dado o seu baixo rendimento.

## Abstract

This work reports the stage done at *Curtumes Aveneda, Lda*, with the aim to optimize resources like water and energy.

It was done a energy diagnostic that allows to the conclusion that the energy consumption at the company is 300 tep/year. Then, the company is not obliged to adopt the directives of energy regulation. The diagnostic shows some inefficiencies, namely in dyeing department.

It was designed a control system for water addition in dyeing with the aim to reduce the water and energy consumption, and so to improve the quality of dyeing processes since actually the water addition is done in a manual way without quantity control. After suppliers consultation, the investment in equipment for the system is 10.012,00 €.

It was developed a compact retanning process in order to improve the reduction of water and energy consumption. The process, when compared with the normal process of the company, generates a reduction in electrical energy of 6.157,05 €/year, a reduction in thermal energy of 904,00 €/year, and a reduction of water consumption of 962 m<sup>3</sup>/year corresponding to a reduction 2.998,76 €/year in the waste water treatment.

Other suggestions were made, but without a technical and scientific study, like the use of progressive starters in the drum motors, the optimization of oven air heating with a possible use of to solar panels, and the optimization of boiling operation since its low yield.

## Índice

|  | <i>Página</i> |
|--|---------------|
| Índice de Tabelas  | vi            |
| Índice de Figuras  | vii           |
| Lista de Abreviaturas e Símbolos                                 | xi            |
| 1. Introdução  | 1             |
| 1.1. História da indústria de curtumes                           | 1             |
| 1.2. A indústria de curtumes em Portugal                         | 2             |
| 1.3. O Processo produtivo da indústria de curtumes               | 3             |
| 1.4. Recursos e impacto ambiental                                | 11            |
| 2. Enquadramento   | 13            |
| 3. Diagnóstico Energético  | 15            |
| 3.1. Avaliação da produção de 2008                               | 15            |
| 3.2. Consumo de nafta  | 17            |
| 3.3. Consumo de gasóleo na estufa                                | 18            |
| 3.4. Consumo de energia eléctrica                                | 18            |
| 3.5. Consumo energético global                                   | 20            |
| 3.6. Avaliação dos consumos energéticos na fábrica               | 20            |
| 3.6.1. Estratégia  | 21            |
| 3.6.2. Transformação de <i>wet-salted</i> para <i>wet-blue</i>   | 24            |
| 3.6.3. Transformação de <i>wet-blue</i> para <i>crust</i>        | 24            |
| 3.6.3.1. <i>Nubuck</i>   | 24            |
| 3.6.3.2. <i>Anilina</i>  | 25            |
| 3.6.3.3. <i>Trapper</i>  | 26            |
| 3.6.4. Transformação de <i>crust</i> em pele acabada             | 27            |
| 3.6.4.1. <i>Nubuck</i>   | 27            |
| 3.6.4.2. <i>Anilina</i>  | 28            |
| 3.6.4.3. <i>Trapper</i>  | 28            |
| 3.6.5. Estimativa do consumo energético global                   | 29            |
| 3.6.6. Consumo de energia por fase e por produto                 | 30            |
| 4. Medidas de Utilização Racional de Recursos                    | 32            |
| 4.1. Sistema de Controlo da adição de água na tinturaria         | 33            |
| 4.1.1. O sistema de controlo                                     | 33            |
| 4.1.2. Consumo de água na empresa                                | 34            |
| 4.1.3. Sistema de controlo no processo da tinturaria             | 36            |
| 4.1.3.1. Modo de funcionamento actual do processo da tinturaria  | 36            |
| 4.1.4. Sistema de Controlo                                       | 38            |
| 4.1.5. Picos de consumo no processo da tinturaria                | 41            |
| 4.1.6. Balanço de energia à válvula misturadora                  | 46            |
| 4.1.7. Permutador de placas                                      | 47            |
| 4.2. Recurtume Compacto  | 50            |
| 4.2.1. Ensaio I  | 50            |
| 4.2.1.1. Descrição do processo                                   | 51            |
| 4.2.1.2. Resultados obtidos                                      | 52            |
| 4.2.2. Ensaio II   | 52            |
| 4.2.2.1. Alterações no ensaio II relativamente ao ensaio I       | 54            |
| 4.2.2.2. Medidas tomadas durante o processo                      | 54            |
| 4.2.3.3. Resultados obtidos                                      | 54            |
| 4.2.3. Ensaio III  | 55            |
| 4.2.3.1. Alterações relativamente ao ensaio II                   | 56            |
| 4.2.3.2. Medidas tomadas durante o processo                      | 56            |
| 4.2.3.3. Resultados obtidos                                      | 56            |
| 4.2.4. Processo normal utilizado na empresa                      | 57            |
| 4.2.5. Viabilidade económica da utilização do recurtume compacto | 59            |
| 4.3. Outras medidas energéticas                                  | 61            |
| 4.3.1. Instalação de arrancadores progressivos nos fulões        | 61            |
| 4.3.2. Optimização do sistema de aquecimento na estufa           | 61            |
| 4.3.3. Optimização da caldeira                                   | 63            |
| 5. Conclusão   | 67            |
| Referencias Bibliografia   | 69            |



## Índice de Tabelas

|               | <i>Página</i>  |    |
|---------------|--|----|
| Tabela 3.1.   | Factura energética ao longo dos doze meses do ano 2008   | 20 |
| Tabela 3.2.   | Consumos de energia térmica e eléctrica na transformação de <i>wet-salted</i> para <i>wet-blue</i>   | 24 |
| Tabela 3.3.   | Consumo específico e consumo anual de energia no ano 2008 para a transformação de <i>wet-salted</i> para <i>wet-blue</i>   | 24 |
| Tabela 3.4.   | Consumos de energia térmica e eléctrica na transformação de <i>wet-blue</i> para <i>Nubuck</i> em <i>crust</i> para uma base de cálculo de 3000 ft <sup>2</sup> de pele rebaixada            | 25 |
| Tabela 3.5.   | Consumo específico e consumo anual de energia no ano 2008 para a transformação de <i>wet-blue</i> para <i>Nubuck</i> em <i>crust</i>   | 25 |
| Tabela 3.6.   | Consumos de energia térmica e eléctrica na transformação de <i>wet-blue</i> para Anilina em <i>crust</i> para uma base de cálculo de 3000 ft <sup>2</sup> de pele rebaixada                  | 25 |
| Tabela 3.7.   | Consumo específico e consumo anual de energia no ano 2008 para a transformação de <i>wet-blue</i> para Anilina em <i>crust</i>   | 26 |
| Tabela 3.8.   | Consumos de energia térmica e eléctrica na transformação de <i>wet-blue</i> para <i>Trapper</i> em <i>crust</i> para uma base de cálculo de 3000 ft <sup>2</sup> de pele rebaixada           | 26 |
| Tabela 3.9.   | Consumo específico e consumo anual de energia no ano 2008 para a transformação de <i>wet-blue</i> para <i>Trapper</i> em <i>crust</i>  | 26 |
| Tabela 3.10.  | Consumos de energia térmica e eléctrica na transformação de <i>crust</i> para <i>Nubuck</i> acabado para uma base de cálculo de 3000 ft <sup>2</sup> de pele rebaixada                       | 27 |
| Tabela 3.11.  | Consumo específico e consumo anual de energia no ano 2008 para a transformação de <i>crust</i> para <i>Nubuck</i> acabada para uma base de cálculo de 3000 ft <sup>2</sup> de pele rebaixada | 27 |
| Tabela 3.12.  | Consumos de energia térmica e eléctrica na transformação de <i>crust</i> para Anilina acabada para uma base de cálculo de 3000 ft <sup>2</sup> de pele rebaixada                             | 28 |
| Tabela 3.13.  | Consumo específico e consumo anual de energia no ano 2008 para a transformação de <i>crust</i> para Anilina acabada  | 28 |
| Tabela 3.14.  | Consumos de energia térmica e eléctrica na transformação de <i>crust</i> para <i>Trapper</i> acabada, para uma base de cálculo de 3000 ft <sup>2</sup> de pele rebaixada                     | 29 |
| Tabela 3.15.  | Consumo específico e consumo anual de energia no ano 2008 para a transformação de <i>crust</i> para <i>Trapper</i> acabada   | 29 |
| Tabela 3.16.  | Consumo de energia eléctrica na ETAR, na iluminação e na caldeira  | 30 |
| Tabela 4.1.1. | Entalpia da mistura, caudal de água fria, caudal de água quente para os três maiores picos de consumo de água para os dias 3 a 7 de Fevereiro de 2009  | 47 |
| Tabela 4.1.2. | Entalpia da mistura, caudal de água fria, caudal de água quente para os três maiores picos de consumo de água para os dias 9 a 12 de Fevereiro de 2009                                       | 47 |
| Tabela 4.1.3. | Programa térmico provido pelo fornecedor, para as 20 placas originais  | 48 |
| Tabela 4.1.4. | Quantidade de calor necessária para obedecer as condições de trabalho para os três maiores picos de consumo de 3 a 7 de Fevereiro de 2009  | 48 |
| Tabela 4.1.5. | Quantidade de calor necessária para obedecer as condições de trabalho para os três maiores picos de consumo de 9 a 12 de Fevereiro de 2009   | 49 |
| Tabela 4.2.1. | Protocolo do ensaio I  | 51 |
| Tabela 4.2.2. | Resultados obtidos no ensaio I   | 52 |
| Tabela 4.2.3. | Protocolo do ensaio II   | 53 |
| Tabela 4.2.4. | Resultados obtidos no ensaio II  | 54 |
| Tabela 4.2.5. | Protocolo do ensaio III  | 55 |
| Tabela 4.2.6. | Resultados obtidos no ensaio III   | 56 |
| Tabela 4.2.7. | Resultados dos ensaios de recurtume compacto   | 57 |
| Tabela 4.2.8. | Protocolo habitual da empresa <i>Curtumes Aveneda, Lda</i>   | 57 |

---

|                |   |    |
|----------------|---|----|
| Tabela 4.2.9.  | Estudo comparativo do recurtume compacto e do recurtume normal                  | 59 |
| Tabela 4.2.10. | Poupança na utilização de um recurtume compacto                                 | 60 |
| Tabela 4.3.1.  | Características da caldeira pirotubular da empresa <i>Curtumes Aveneda, Lda</i> | 64 |
| Tabela 4.3.2.  | Perdas associadas ao funcionamento da caldeira                                  | 65 |

## Índice de Figuras

|                | <i>Página</i>  |    |
|----------------|--|----|
| Figura 1.1.    | Empresas do sector dos curtumes instituídas em Portugal Continental  | 2  |
| Figura 1.2.    | Pilha de peles em bruto, conservadas através da salga  | 4  |
| Figura 1.3.    | Diagrama de fluxo para a fase da ribeira e do curtume  | 5  |
| Figura 1.4.    | Operação de descarna na empresa <i>Curtumes Aveneda, Lda</i>   | 6  |
| Figura 1.5.    | Pilha de peles em wet-blue   | 7  |
| Figura 1.6.    | Diagrama de fluxo para as fases de <i>wet-blue</i> a pele acabada  | 8  |
| Figura 1.7.    | Fulão  | 9  |
| Figura 1.8.    | Secador de vazio   | 10 |
| Figura 3.1.    | Entradas e saída de peles da empresa <i>Curtumes Aveneda, Lda</i> para o ano 2008  | 16 |
| Figura 3.2.    | Quantidade de peles sujeitas ao processo produtivo de wet-salted para wet-blue, de wet-blue para crust e de crust para pele acabada durante o ano 2008 | 17 |
| Figura 3.3.    | Distribuição dos consumos de fuel -óleo  | 17 |
| Figura 3.4.    | Distribuição dos consumos de gasóleo na estufa   | 18 |
| Figura 3.5.    | Distribuição em HVN, HSV, HP e HC ao longo dos doze meses do ano 2008  | 19 |
| Figura 3.6.    | Distribuição dos consumos de energia eléctrica em 2008   | 19 |
| Figura 3.7.    | Fluxograma do emprego de energia no processo produtivo   | 21 |
| Figura 3.8.    | Fluxograma do plano para determinação do consumo específico  | 23 |
| Figura 3.9.    | Consumo de energia estimado por fases de transformação   | 30 |
| Figura 3.10.   | Consumo de energia estimado por tipo de pele   | 31 |
| Figura 4.1.1.  | Implementação de um sistema de controlo  | 33 |
| Figura 4.1.2.  | Consumo de água comparativo da ribeira, curtume e tinturaria   | 34 |
| Figura 4.1.3.  | Consumo de água (L) nos <i>Curtumes Aveneda, Lda</i> , no dia 3 a 7 de Fevereiro de 2009   | 35 |
| Figura 4.1.4.  | Consumo de água (L) nos <i>Curtumes Aveneda, Lda</i> , no dia 9 a 12 de Fevereiro de 2009  | 36 |
| Figura 4.1.5.  | Processo da tinturaria da empresa <i>Curtumes Aveneda, Lda</i> , vista de frente   | 37 |
| Figura 4.1.6.  | Processo da tinturaria da empresa <i>Curtumes Aveneda, Lda</i> , vista à rectaguarda   | 37 |
| Figura 4.1.7.  | Misturador manual para o processo da tinturaria na empresa <i>Curtumes Aveneda, Lda</i>  | 37 |
| Figura 4.1.8.  | Quantidade de água consumida (L) e respectiva temperatura nas solicitações do dia 3 de Fevereiro de 2009   | 42 |
| Figura 4.1.9.  | Quantidade de água consumida (L) e respectiva temperatura nas solicitações do dia 4 de Fevereiro de 2009   | 42 |
| Figura 4.1.10. | Quantidade de água consumida (L) e respectiva temperatura nas solicitações do dia 5 de Fevereiro de 2009   | 43 |
| Figura 4.1.11. | Quantidade de água consumida (L) e respectiva temperatura nas solicitações do dia 6 de Fevereiro de 2009   | 43 |
| Figura 4.1.12. | Quantidade de água consumida (L) e respectiva temperatura nas solicitações do dia 7 de Fevereiro de 2009   | 44 |
| Figura 4.1.13. | Quantidade de água consumida (L) e respectiva temperatura nas solicitações do dia 9 de Fevereiro de 2009   | 44 |
| Figura 4.1.14. | Quantidade de água consumida (L) e respectiva temperatura nas solicitações do dia 10 de Fevereiro de 2009  | 45 |
| Figura 4.1.15. | Quantidade de água consumida (L) e respectiva temperatura nas solicitações do dia 11 de Fevereiro de 2009  | 45 |
| Figura 4.1.16. | Quantidade de água consumida (L) e respectiva temperatura nas solicitações do dia 12 de Fevereiro de 2009  | 46 |
| Figura 4.1.17. | Permutador de placas da empresa <i>Curtumes Aveneda, Lda</i>   | 48 |

---

|               |  |    |
|---------------|--|----|
| Figura 4.2.1. | Comparação dos custos associados a um recurtume compacto e um recurtume normal | 59 |
| Figura 4.3.1. | Caldeira para aquecimento do na estufa   | 62 |
| Figura 4.3.2. | Desumidificador a 8,3 m da caldeira  | 62 |
| Figura 4.3.3. | Desumidificador a 13,8 m da caldeira   | 63 |
| Figura 4.3.4. | Caldeira Piro-tubular da empresa <i>Curtumes Aveneda, Lda</i>                  | 64 |

## Lista de Abreviaturas e Símbolo

|                      | Descrição  | Unidades S.I           |
|----------------------|--|------------------------|
| $a$                  | Área projectada por uma placa  | $m^2$                  |
| $A$                  | Área de transferência de calor   | $m^2$                  |
| $A_{entrada}$        | Área do orifício da entrada do ar na estufa giratória                        | $m^2$                  |
| $A_{reservatório}$   | Área da base do reservatório de gasóleo                                      | $m^2$                  |
| $b$                  | Espaçamento entre placas   | $m$                    |
| $\cos \varphi$       | Factor de potência   |                        |
| $C_p$                | Capacidade calorífica  | $\frac{J}{kg^\circ C}$ |
| $C_{p_{ar}}$         | Capacidade calorífica do ar  | $\frac{J}{kg^\circ C}$ |
| $C_{p_f}$            | Capacidade calorífica do fluido frio   | $\frac{J}{kg^\circ C}$ |
| $C_{p_{gás}}$        | Capacidade calorífica do gás seco  | $\frac{J}{kg^\circ C}$ |
| $C_{p_m}$            | Capacidade calorífica mistura do fluido frio e fluido quente                 | $\frac{J}{kg^\circ C}$ |
| $C_{p_q}$            | Capacidade calorífica do fluido quente                                       | $\frac{J}{kg^\circ C}$ |
| $C_{p_{vapor}}$      | Capacidade calorífica do vapor de água                                       | $\frac{J}{kg^\circ C}$ |
| $F$                  | Factor de correcção da diferença de temperaturas média logarítmica           |                        |
| $E_E$                | Energia eléctrica consumida  | $kWh$                  |
| $E_T$                | Energia térmica  | $J$                    |
| $h_{gasoleofinal}$   | Altura do gasóleo no reservatório no final do processo de secagem na estufa  | $m$                    |
| $h_{gasoleoinicial}$ | Altura do gasóleo no reservatório no início do processo de secagem na estufa | $m$                    |
| $H$                  | Entalpia específica  | $\frac{J}{kg}$         |
| $H_e$                | Entalpia de entrada do ar  | $\frac{J}{kg}$         |
| $H_f$                | Entalpia específica do fluido frio   | $\frac{J}{kg}$         |
| $H_m$                | Entalpia específica mistura do fluido frio e fluido quente                   | $\frac{J}{kg}$         |
| $H_q$                | Entalpia específica do fluido quente   | $\frac{J}{kg}$         |
| $H_s$                | Entalpia de saída do ar  | $\frac{J}{kg}$         |
| $L$                  | Comprimento da placa   | $m$                    |

|                         |   |   |
|-------------------------|---|---|
| $m_{\text{água}}$       | Massa de água evaporada   | kg  |
| $m_c$                   | Massa de combustível gasto  | kg  |
| $m_n$                   | Massa de nafta consumida  | kg  |
| $\dot{m}_f$             | Caudal mássico do fluido frio   | $\frac{\text{kg}}{\text{s}}$                                  |
| $\dot{m}_{PT}$          | Caudal mássico do processo da tinturaria  | $\frac{\text{kg}}{\text{s}}$                                  |
| $\dot{m}_q$             | Caudal mássico do fluido quente   | $\frac{\text{kg}}{\text{s}}$                                  |
| $\dot{m}_R$             | Caudal do processo da Ribeira   | $\frac{\text{kg}}{\text{s}}$                                  |
| $N$                     | Número de placas de transferência de calor  |   |
| $P_i$                   | Potência eléctrica instalada  | W   |
| $PCI$                   | Poder calorífico inferior   | $\frac{\text{J}}{\text{kg}}$                                  |
| $\dot{q}$               | Potência térmica  | $\frac{\text{W}}{\text{s}}$                                   |
| $Q$                     | Calor transferido por unidade de tempo  | W   |
| $Q_C$                   | Calor de combustão do gasóleo   | J   |
| $Q_d$                   | Calor do ar seco libertado pelos desumidificadores  | J   |
| $Q_{\text{necessário}}$ | Calor necessário para evaporar água em excesso de uma pele  | J   |
| $Q_{\text{total}}$      | Calor total fornecido da combustão do gasóleo na caldeira e ar quente dos desumidificadores a uma pele no processo de secagem na estufa | J   |
| $Q_R$                   | Calor transferido no processo da Ribeira (Energia térmica)  | J   |
| $t_l$                   | Tempo de laboração  | s   |
| $T$                     | Temperatura   | °C  |
| $T_{\text{ambiente}}$   | Temperatura ambiente  | °C  |
| $T_{aq}$                | Temperatura de aquecimento  | °C  |
| $T_e$                   | Temperatura de entrada  | °C  |
| $T_{est}$               | Temperatura na sala da estufa   | °C  |
| $T_{\text{fabrica}}$    | Temperatura no interior da fábrica  | °C  |
| $T_{fe}$                | Temperatura de entrada do fluido frio   | °C  |
| $T_{fs}$                | Temperatura de saída do fluido frio   | °C  |
| $T_{qe}$                | Temperatura de entrada do fluido quente   | °C  |
| $T_{qs}$                | Temperatura de saída do fluido quente   | °C  |
| $T_s$                   | Temperatura de saída  | °C  |
| $T_t$                   | Temperatura de trabalho   | °C  |
| $U$                     | Coeficiente global de transferência de calor  | $\left( \frac{\text{J}}{\text{°C} \times \text{m}^2} \right)$ |

|                      |  |                              |
|----------------------|--|------------------------------|
| $\dot{V}$            | Caudal volumétrico do ar   | $\left(\frac{m^3}{s}\right)$ |
| $V_{gasoleofinal}$   | Volume do gasóleo no reservatório no final do processo de secagem na estufa    | $m^3$                        |
| $V_{gasoleoinicial}$ | Volume do gasóleo no reservatório no início do processo de secagem na estufa   | $m^3$                        |
| $V_{gasoleogasto}$   | Diferença de volume do gasóleo antes e depois do processo de secagem na estufa | $m^3$                        |
| $w$                  | Largura da placa   | $m$                          |
| $y_e$                | Humidade específica (kg de vapor de água por kg de ar seco)                    |                              |
| $y_m$                | Humidade molar (mol de vapor de água por mol de ar seco)                       |                              |
| $y_r$                | Humidade Relativa  | %                            |
| $\rho$               | Massa específica   | $\frac{kg}{m^3}$             |
| $\rho_{gasóleo}$     | Massa específica do gasóleo  | $\frac{kg}{m^3}$             |
| $\rho_{ar}$          | Massa específica do ar   | $\frac{kg}{m^3}$             |
| $\Delta T_m$         | Diferença média de temperaturas  | $^{\circ}C$                  |
| $\lambda$            | Calor latente de vaporização à temperatura de referência                       | $\frac{J}{kg}$               |





## 1. Introdução

A indústria de curtumes transforma a pele animal, um subproduto da indústria da carne, em couro. Desta forma, presta um serviço à comunidade escoando um subproduto que teria um impacto ambiental fortemente negativo, que de outro modo teria sérias dificuldades em resolver os seus problemas ambientais derivados da acumulação de peles.

### 1.1. História da indústria de curtumes

A produção de couros e peles é conhecida como um dos mais antigos ofícios da humanidade.

As provas concretas de quando e como surgiu o interesse do homem pelas peles dos animais para utilização e transformação do couro são escassas. No entanto através de uma associação lógica da evolução da humanidade e pela necessidade de adaptação ao meio, como o vestuário e as protecções climáticas, surgem fases com significado especial que marcam o processo de curtume até à actualidade

Estima-se que as primeiras etapas <sup>[1]</sup> do fabrico do couro, 8 mil anos A.C foram as seguintes:

- Acção conservadora dos fumos e das cinzas sobre as peles após esfolar;
- Procura de um certo amaciamento por aplicação de gorduras na pele;
- Disposição das peles em tripés sobre o fogo;
- Constatação do efeito da urina e dos excrementos sobre a pele;
- Acção da saliva sobre a pele;
- Reconhecimento dos efeitos de certas substâncias vegetais (madeira, resinas, folhas, etc.) sobre as peles abandonadas após a esfolar e deixadas ao acaso em ambientes com as referidas substâncias;
- Reconhecimento dos efeitos existente sobre as peles quando enterradas em terrenos arenosos ou siliciosos;
- Enfim a primeira utilização racional das matérias com acção curtidora: madeira, frutos, folhas, areia, alúmen, etc.

Entretanto, certas formas elementares de manipulação das peles foram desenvolvidas: apisoamento, empilhamento, estiramento, pregagem, e, enfim, a exposição das peles ao ar ou à humidade ambiente, provocando quer um “aquecimento” natural com a consequente

queda do pêlo, quer a secagem; ao mesmo tempo, foram desenvolvidas ferramentas que auxiliavam as referidas manipulações.

Pode assim dizer-se que a preparação da pele e do couro remonta às origens da humanidade e que, com o aparecimento dos primeiros aglomerados humanos, surgiu o artesão que tratava a pele, tornando-se num verdadeiro especialista.

Deste modo, e na sequência da evolução natural, entre todos os ofícios, o fabrico do couro ocupa um lugar particular e quase obrigatório na existência humana.

Uma fase importante foi a introdução do curtume vegetal que, até ao início do século XX, foi predominante. No início do século XX, o curtume a crómio deu os primeiros passos sendo hoje o processo de curtume mais utilizado.

## 1.2. A indústria de curtumes em Portugal

Como pode ser visível na figura 1.1, e devido a características climáticas e geográficas, abundância de água, temperaturas elevadas e clima seco, é na região de Lisboa e Vale do Tejo, nomeadamente Alcanena, que existem mais unidades de curtumes no país, cerca de 85% do número total de empresas do sector, sendo correspondente a 90% da produção nacional, de acordo com informações dadas pela administração de *Curtumes Aveneda, Lda.*

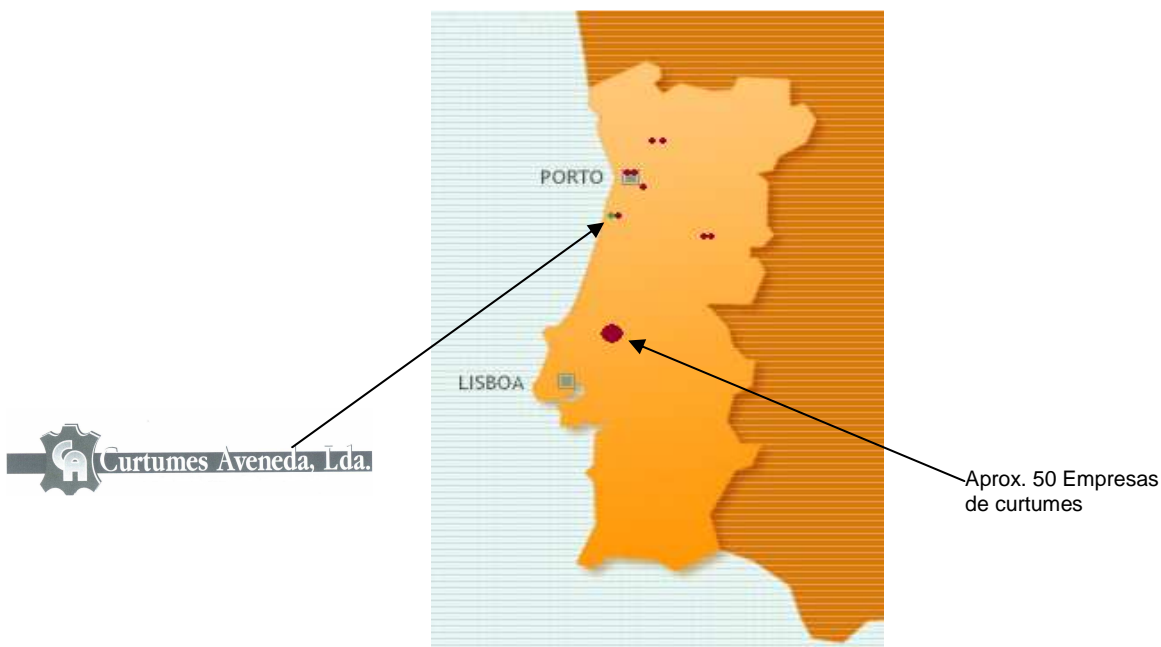


Figura 1.1. Empresas do sector dos curtumes instituídas em Portugal Continental

A região do Porto ocupa a segunda posição de empresas de curtumes a nível nacional, correspondente a 5 unidades industriais, distribuindo-se as restantes empresas por

Guimarães e Seia. A maioria das empresas lusitanas do sector é de pequenas dimensões, empregando menos de 100 trabalhadores.

Em Portugal, a indústria de curtumes está particularmente vocacionada para a transformação de peles de bovinos adultos para a indústria do calçado e a restante produção abrange o fabrico de peles para a confecção de vestuário de couro, marroquinaria, fabrico de solas, fabrico de estofos para mobiliário e aplicação na indústria automóvel e outros meios de transporte, e ainda para o fabrico de vestuário de pele com pêlo.

A maior dificuldade de sector dos curtumes em Portugal reside não só na crise de alguns mercados consumidores, mas também na concorrência vinda do exterior nomeadamente de Itália e Espanha. Estes mercados apresentam elevado índice de produtividade uma vez que especializaram os seus processos, o que permite uma maior automatização e uma melhor gestão dos recursos humanos. Portugal também assiste a uma reformulação da actividade de algumas empresas, as quais têm abandonado ou reduzido substancialmente as fases iniciais do processo, dedicando-se mais intensamente à transformação e acabamento de peles previamente curtidas (em *wet-blue*).

Tem vindo a ser constatado também a importação de peles para Portugal dos países ditos menos desenvolvidos, devido ao facto da mão-de-obra ser mais barata e destes não terem encargos tão rígidos a nível social e ecológico, como é por exemplo o caso do Brasil, Índia e Paquistão.

Devido a um decréscimo acentuado no crescimento da indústria do calçado em Portugal, a exportação de couro é cada vez mais visível no sector dos curtumes.

### **1.3. O Processo produtivo da indústria de curtumes**

A matéria-prima base da indústria de curtumes é a pele, estrutura externa do corpo dos animais, geralmente coberta com pêlo ou lã e formada por várias camadas sobrepostas. Esta estrutura do corpo exerce uma acção protectora do mesmo, cumprindo ainda outras funções como: regular a temperatura do corpo, eliminar substâncias indesejáveis, conter órgãos que facilitem a percepção das sensações, armazenar substâncias gordas e proteger o corpo da entrada de bactérias.

A estrutura histológica da pele é diferente de espécie para espécie, podendo mesmo diferir dentro da mesma espécie. Na generalidade, consiste em três camadas principais: epiderme, derme e tecido subcutâneo.

A composição aproximada da pele de bovino fresco é a seguinte <sup>[1]</sup>: 64% de água, 33% de proteínas, 2 % de gorduras, 0,55% de matéria mineral e 0,5% de outras substâncias.

Destaca-se o elevado teor de água, com cerca de 20% desta água combinada com as fibras proteicas e a restante na forma livre entre as fibras. A pele de bovino tem pouca gordura, ao contrário da pele de ovino, 3 a 30% base seca, e de caprino, 3 a 10% base seca.

As proteínas da pele classificam-se em dois grandes grupos: fibrosas e globulares. As proteínas fibrosas são essencialmente a queratina, o colagénio e a elastina; as globulares são albuminas e globulinas.

A pele resulta da matança do animal, sendo obtida através da esfolação que pode ser manual ou mecânica.

Após a esfolação, a pele é submetida imediatamente a um processo de conservação, que pode ser efectuado de várias formas: salga, salmoura, secagem, misto salga e secagem ou frio, ficando então em condições de ser comercializada e transportada para a fábrica de curtumes para ser transformada.



Figura 1.2. Pilhas de peles em bruto, conservadas através da salga

A transformação da pele em bruto até ao produto acabado, o “couro”, envolve um conjunto de operações manuais e mecânicas, e de processos físico-químicos, normalmente subdivididos nas seguintes fases: Ribeiro, Curtume, Tinturaria e Acabamento.

Seguidamente é apresentado um diagrama de fluxo representativo das etapas da Ribeiro e do Curtume (fase da pele em bruto salgada até *wet-blue*), que envolvem vários processos físico-químicos e mecânicos.

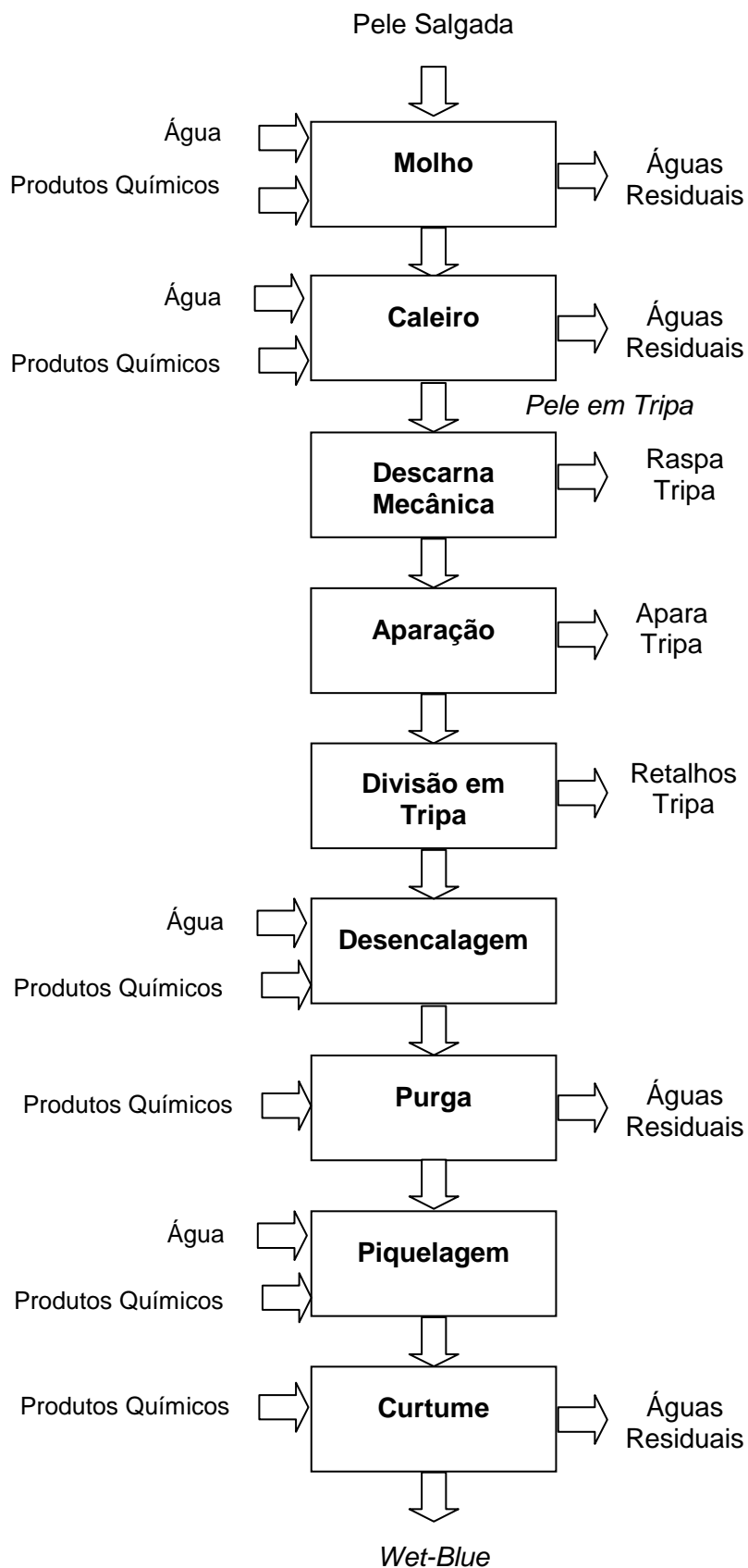


Figura1.3. Diagrama de fluxo para a fase da ribeira e do curtume

A **Ribeira** tem por objectivo preparar as peles para o curtume, através dos seguintes processos físico-químicos (em meio aquoso) e operações mecânicas:

**Molho:** tratamento utilizado para restabelecer a hidratação natural da pele após esfolar, conferindo-lhe flexibilidade de modo a facilitar a penetração dos produtos a utilizar na fase seguinte. Tem também por objectivo remover os produtos utilizados na conservação das peles e ainda sujidade, sangue e alguma matéria proteica.

**Caleiro:** tratamento das peles em meio alcalino, que visa depilar a pele, eliminar a epiderme, saponificar parcialmente a gordura natural, bem como relaxar a estrutura fibrosa.

**Descarna mecânica:** eliminação do tecido subcutâneo e gorduras aderentes à pele com o objectivo de facilitar a penetração dos produtos nos processos posteriores e regularizar a estrutura da pele; na descarna a pele é submetida pelo lado do carnaz à acção constante de lâminas afiadas colocadas sobre um cilindro.



Figura 1.4. Operação de descarna e divisão na empresa *Curtumes Aveneda, Lda*

**Aparação e Divisão em tripa:** após a descarna, as peles são aparadas e submetidas a um processo de divisão em tripa que consiste em ajustar a pele à espessura final pretendida, obtendo-se duas partes distintas: a pele propriamente dita (lado da flor) e o *croute* (lado do carnaz). Esta operação é efectuada fazendo passar a pele numa máquina, entre dois cilindros, no meio dos quais se movimenta uma lâmina tipo cinta sem fim, em plano paralelo e com direcção perpendicular à pele, cortando-a.

Depois de efectuada a fase da Ribeira as peles encontram-se no denominado “**estado tripa**”.

No **Curtume**, as peles, sem estabilidade térmica, são convertidas em couro. No final do curtume, o couro deve apresentar melhor resistência mecânica, estabilidade dimensional a altas temperaturas e resistência à putrefacção. Os processos físico-químicos, executados em fulões, tal como na Ribeira, são:

**Desencalagem:** tem como finalidade a remoção de parte substancial dos agentes alcalinos retidos na pele, assim como o desinchamento alcalino da pele e a obtenção de um pH no seu interior que maximize a actividade da enzima a aplicar na purga.

**Purga:** normalmente realizada no banho da desencalagem, confere a suavidade necessária à pele, relaxamento da estrutura fibrosa da pele, dissociação da gordura natural e torna a flor mais limpa e elástica.

**Piquelagem:** nesta operação procede-se à preparação para a adição do agente de curtume, criando condições físico-químicas para que ocorra uma eficiente difusão do agente de curtume (vulgarmente o crómio) na pele, evitando a sua fixação massiva na superfície da pele o que originaria o chamado “curtume morto”.

**Curtume:** o agente de curtume, que poderá ser mineral ou vegetal, vai reagir com o colagéneo da pele. Esta reacção confere à pele um carácter imputrescível e as propriedades adequadas à sua posterior utilização. As peles curtidas com crómio apresentam uma tonalidade azulada e são designadas por “*wet-blue*”.

Alternativamente, o curtume é feito com agente minerais alternativos ao crómio, taninos sintéticos e extractos vegetais, sendo o couro designado por “*wet-white*”, ou “vegetal” quando a incidência dos extractos vegetais é predominante [2].



Figura 1.5. Pilha de peles em *wet-blue*

Concluído o processo de curtume, os processos e operações pós-curtume destinam-se a conferir a espessura e propriedades finais do couro, de acordo com o pretendido. Apresenta-se seguidamente um diagrama de fluxo representativo dessa fase.



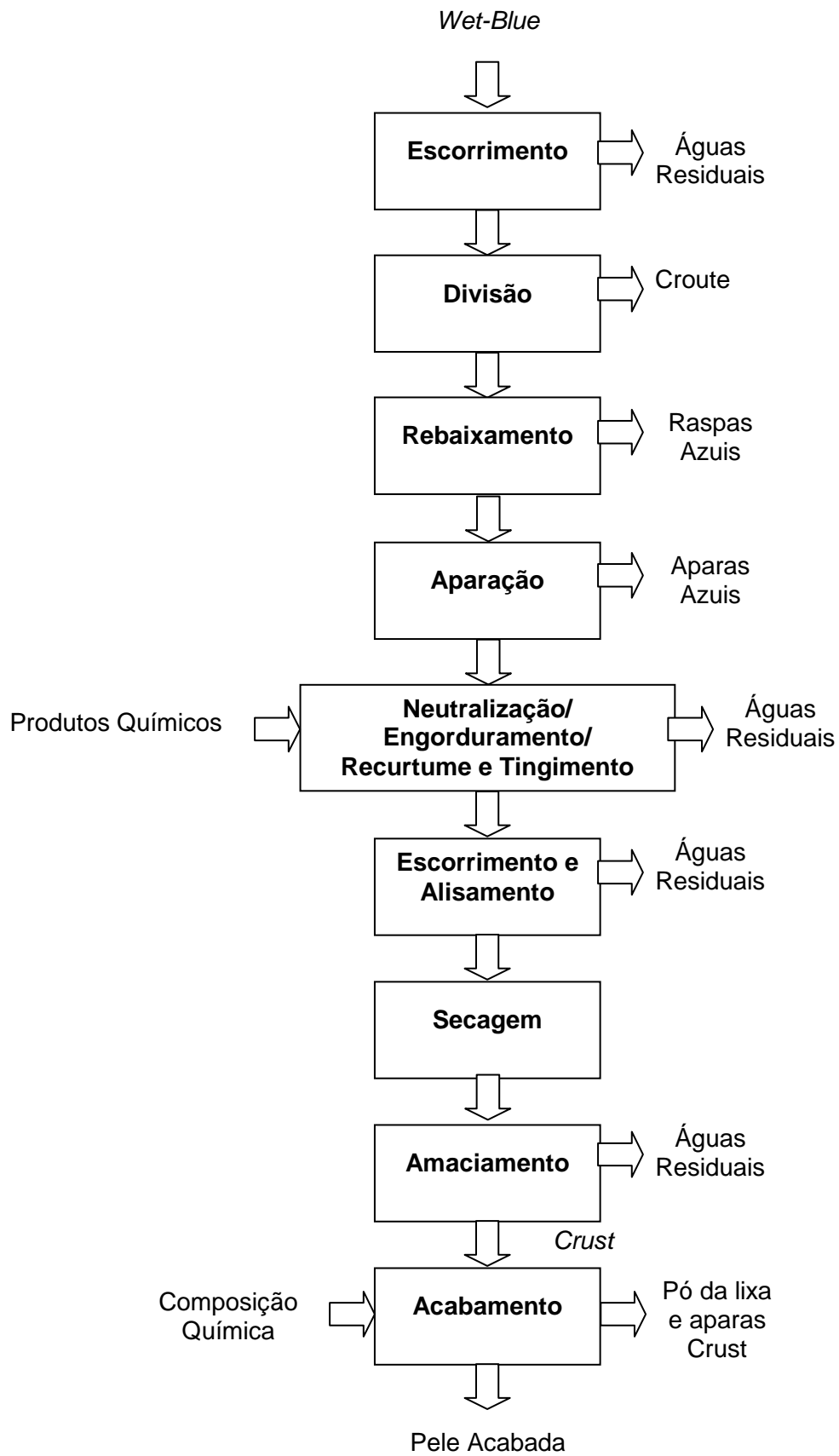


Figura 1.6. Diagrama de fluxo para as fases de *wet-blue* a pele acabada



Após o curtume, a primeira operação é o **Escorrimento**. Nesta operação as peles são espremidas por acção mecânica de uma máquina de rolos com um filtro superior e outro inferior, com a finalidade de retirar parte da água da pele adquirida nos processos antecedentes.

Durante a etapa do **Rebaixamento** a espessura é ajustada, por meio de duas operações mecânicas:

**Divisão:** a pele curtida é dividida (caso não tenha sido dividida em tripa) em duas partes. A parte principal é a pele propriamente dita cuja espessura se pretende acertar, e a outra, do lado do carnaz, vulgarmente conhecida como “*croute*”.

**Rebaixamento:** tem por objectivo acertar a espessura da pele e consiste em raspar a pele do lado do carnaz por meio de um rolo de lâminas.

A etapa húmida da **Tinturaria** é levada a cabo no interior de fulões e tem como objectivo conferir à pele uma determinada textura, coloração superficial e/ou penetrada assim como também aptidão para lixar; compreende um conjunto de processos:

**Neutralização:** ajuste do pH da pele para valores (4,5 a 6,0) que permitam a difusão dos produtos adicionados durante os tratamentos posteriores

**Recurtume:** compactação da estrutura fibrosa de forma a conferir toque e propriedades ao couro em função do pretendido para o produto em fabrico; pode ser mineral, orgânico ou misto.

**Engorduramento:** tem como finalidade manter as fibras separadas e lubrificadas para que possam deslizar facilmente umas em relação às outras, conferindo ao couro um toque suave e mais macio; esta operação também tem o objectivo de corrigir e/ou regular as propriedades físicas do couro como por exemplo a resistência à tracção e a ruptura, alterar as características de impermeabilidade da água, entre outras.

**Tingimento:** um conjunto de processos com o objectivo de conferir à pele recurtida uma determinada coloração superficial e/ou penetrada.



Figura 1.7. Fulão

Depois de finalizados todos os trabalhos húmidos, sucede-se a etapa da **Secagem** do couro.

**Escorrimento e Alisamento:** estas operações, que ocorrem em simultâneo, consistem em espremer e alisar as peles, permitindo reduzir a humidade e atenuar rugas e outras irregularidades.

**Secagem:** ocorre por aplicação de vácuo, secagem ao ar ambiente e/ou secagem em estufa; esta operação varia muito com o tipo de curtume e tem como finalidade retirar grande parte da água contida na pele, preparando-a para os procedimentos seguintes na fase de acabamento.



Figura 1.8. Secador de vazio

**Amaciamento:** esta operação é efectuada através de um batimento mecânico e tem como objectivo tornar a pele mais macia. Nesta fase do processo, a pele é vulgarmente designada por “*crust*”.

Na fase de **Acabamento**, as peles são submetidas a uma série de operações mecânicas. O acabamento confere ao couro uma melhor aparência, resistência, cor superficial, maciez, brilho ou lustro, textura, etc. Algumas das operações que constituem esta fase são:

**Aparação:** ligeira aparação da pele para melhorar o seu aspecto e facilitar as operações seguintes.

**Lixagem:** conseguida através da acção mecânica de uma lixa sobre o lado da carne ou sobre o lado da flor, ou mesmo sobre os dois lados, que confere à pele o aspecto característico pretendido ou a prepara para aplicações de acabamento posterior.

**Prensagem:** tem como objectivo conseguir efeitos superficiais do couro, como brilho, tacto, desenhos gravados, entre outros; a pressão é aplicada por meio de uma prensa aquecida, de pratos ou contínua.

A aplicação das composições de acabamento pode ser efectuada de várias formas conforme o produto em causa e o objectivo pretendido: cortina, pulverização à pistola, aplicação por rolos, etc.

No final deste processo a pele está no estado “acabado”.

#### 1.4. Recursos e impacto ambiental

A transformação da pele em couro implica a necessidade de quatro grandes recursos, além da pele: água, energia, mão-de-obra e produtos químicos naturais e sintéticos, orgânicos e inorgânicos.

A indústria dos curtumes emprega grandes quantidades de água nos processos, normalmente efectuados em meio aquoso. Segundo técnicos especializados, a indústria dos curtumes consome cerca de 30-40L de água por kg de pele processada.

Na transformação das peles em couro é utilizada energia eléctrica e térmica. Os sectores que mais consomem energia térmica numa fábrica de curtumes são a tinturaria, a secagem e o acabamento; na tinturaria, os banhos atingem temperaturas da ordem dos 60-70°C; a secagem das peles pressupõe a passagem no secador de vazio e em estufas com elevado consumo de energia térmica; o acabamento envolve a aplicação de composições em máquinas de rolo, pistolas e máquinas de cortina, às quais sucedem túneis de secagem onde se consome energia térmica em quantidade considerável.

Em todas as operações mecânicas e nas várias fases do processo, mesmo nas mais consumidoras de energia térmica, existe o consumo de energia eléctrica devido à necessidade de movimento dos fulões, de rolos e tapetes transportadores, aos sistemas pneumáticos e à circulação de fluidos como água e ar de aquecimento.

Como é evidente a mão-de-obra e os produtos químicos são absolutamente necessários para a transformação da pele em couro.

O impacto ambiental da indústria de curtumes é significativo, pois esta indústria gera uma carga poluente elevada, quer a nível de efluentes líquidos quer a nível de resíduos sólidos, e ainda considerável a nível de efluentes gasosos.

A carga de efluentes líquidos é muito elevada, como pode ser visível nas fases de:

**Molho**, devido à eliminação do sal utilizado na conservação e de toda a sujidade apresentada pela pele em bruto;

**Caleiro**, processo onde a epiderme e o pêlo são eliminados, através da utilização do sulfureto de sódio;

**Piquelagem e curtume**, dada a utilização de cloreto de sódio e crómio

**Tinturaria**, devido a utilização de gorduras, agentes de recurtume e corantes que contêm metais

Os resíduos sólidos produzidos numa unidade de curtumes dividem-se em três grupos consoante a fase do processo que lhes dá origem:

1. Resíduos não curtidos:

- ⇒ Recortes da pele em bruto;
- ⇒ Pêlos e lã que provem da depilação das peles na ribeira;
- ⇒ Raspa retirada do lado do carnoz na máquina de descarnar,
- ⇒ Aparas de pele em tripa resultantes da aparação,
- ⇒ Retalhos em tripa provenientes da divisão

2. Resíduos curtidos ao crómio:

- ⇒ Raspas vegetais do rebaixamento
- ⇒ Resíduos sólidos do curtume em *wet-blue*:
- ⇒ Aparas azuis da divisão em *crust*
- ⇒ Pó da lixa e aparas em *crust*

3. Lamas da estação de tratamento, resultante da depuração das águas residuais.

Nas unidades de produção de curtumes as emissões gasosas têm origem fundamentalmente na queima do combustível para produção de vapor, nas cabines de pintura e nas máquinas de lixagem.

## 2. Enquadramento

A indústria de curtumes consome elevadas quantidades de água e energia, pelo que a optimização destes recursos é de primordial importância.

A optimização de recursos na indústria de curtumes consiste em desenvolver uma estratégia económica, tecnológica e ambiental integrada aos processos e produtos, a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, mão-de-obra, água e energia.

A gestão correcta dos fluxos de água no processo assume-se como crucial nas empresas do sector pois a transformação de peles, como já foi referido, exige grande consumo de água. Também a tendência de aumento do custo da água e o grande custo do tratamento dos efluentes têm induzido a necessidade de minimização do consumo de água nas indústrias e favorecido o desenvolvimento de novas metodologias para a optimização deste recurso natural. As medidas normalmente adoptadas passam por inclusão de sistemas de automatização, adopção de processos de reciclagem e minimização da quantidade de água nos processos utilizados.

Na transformação de peles é utilizada energia eléctrica e térmica. A adopção de um controlo do consumo de energia é fundamental na optimização deste recurso. Numa primeira fase é conveniente fazer um diagnóstico energético a fim de avaliar a oportunidade de introdução de medidas de melhoria. O recurso a sistemas de automatização, à minimização da quantidade de água quente utilizada e ao controlo do processo de secagem e da produção de vapor, são medidas a considerar.

A *Curtumes Aveneda, Lda* é uma unidade de curtumes que produz couros para a indústria de calçado e marroquinaria, a partir de peles de bovino, vocacionada para artigos de média e alta qualidade. Fundada em Fevereiro de 1998, situada em S. Vicente de Pereira - Ovar, emprega cerca de 40 trabalhadores e é dirigida pelos sócios gerentes e fundadores: Sr. José Andrade e Sr. António Novo. Segundo estudos recentes, a empresa *Curtumes Aveneda, Lda*, é 12<sup>a</sup> no ranking de vendas do sector em Portugal admitindo uma capacidade de produção mensal de cerca de 200 000 ft<sup>2</sup>. Da sua produção, 40% é direccionada para o mercado nacional, cerca de 40% para o mercado francês e a restante para outros mercados internacionais como o Alemão, Austríaco, Chinês e Espanhol, entre outros.

Devido à tendência emergente de protecção ambiental deste sector e preocupação com a saúde humana, a empresa *Curtumes Aveneda, Lda* tem desenvolvido novos sistemas de fabrico menos poluentes, como é o caso da produção de biocouro, que é um produto biodegradável, constituindo cerca de 20% da produção da empresa. O biocouro ou couro biodegradável, contribui com menos poluição durante o seu fabrico, manufactura e no final do seu ciclo de vida proporcionando melhor conforto ao usuário. Este produto é salutar essencialmente para pessoas que têm reacções alérgicas a produtos com composição

metálica elevada, como é o caso de doentes diabéticos, pois apresenta isenção total de metais.

Os produtos mais fabricados na empresa são: *Nubucks*, *Anilinas*, *Trappers* e *Croutes*, que podem ser fabricados pelo método tradicional (curtume ao crómio) ou em Biocouro. Estes produtos podem apresentar derivados como Gravados, Estampados, *Pull-up*, *Crazy Horse*, Fantasias, entre outros, em função das especificações dos clientes.

Tendo sempre em mente as exigências do mercado nacional e internacional, e a concorrência, a empresa tem vindo a apostar no progresso e na inovação através da participação em projectos de investigação e desenvolvimento conjuntamente com outras empresas nacionais e internacionais e várias entidades do sistema científico e tecnológico tais como, Centro Tecnológico das Indústrias do Couro (CTIC), Centro Tecnológico do Calçado em Portugal (CTCP), Laboratório Nacional de Engenharia e Geologia (LNEG), Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) e Universidade do Minho (UM).

Na sequência da estratégia e da política da empresa que visa o constante desenvolvimento no sentido de responder ao mercado, otimizar os recursos e cumprir as exigências ambientais, decidiu-se desenvolver o seguinte trabalho:

- ⇒ Diagnóstico energético
- ⇒ Identificação de oportunidades de melhoria
- ⇒ Estudo de algumas oportunidades de melhoria

### 3. Diagnóstico Energético

A gestão de energia é o factor chave do sucesso de uma empresa e como qualquer outro factor de produção deverá ser gerida continuamente e eficazmente. Desde há vários anos que o preço do petróleo apresenta uma grande instabilidade promovendo o recurso a fontes de energia alternativas, assim como a uma utilização mais eficiente da energia. Portugal faz parte dos dez países com maior dependência energética da União Europeia, pelo que a necessidade de reduzir a sua dependência energética é fundamental, devendo as empresas nacionais ter a noção desta necessidade.

Assim, o diagnóstico energético à empresa *Curtumes Aveneda, Lda*, é oportuno tendo em conta que a empresa nunca fez um trabalho deste género no sentido de avaliar os consumos de energia em cada fase do processo e identificar possíveis oportunidades de melhoria.

Este diagnóstico energético teve como acções principais as seguintes:

- ⇒ Avaliação da produção de 2008;
- ⇒ Avaliação do consumo de energia global com base nas facturas energéticas;
- ⇒ Avaliação do consumo de energia térmica nos vários equipamentos;
- ⇒ Avaliação do consumo de energia eléctrica nos vários equipamentos;
- ⇒ Identificação de oportunidades de melhoria.

#### 3.1. Avaliação da produção de 2008

Na *Curtumes Aveneda, Lda* a contabilização da produção é feita por  $\text{ft}^2$  de pele produzida após os processos de acabamento. Os processos de acabamento são inúmeros em função do produto pretendido. Como matéria-prima a empresa utiliza:

- ⇒ Pele em bruto, “*wet-salted*”, que irá ser submetida a todas as etapas desde a ribeira até à pele estar acabada. No entanto, apesar de ser a própria fábrica a comprar esta matéria-prima as etapas da ribeira e do curtume poderão não ocorrer internamente;
- ⇒ Pele curtida ao crómio, “*wet-blue*” que irá ser sujeita a todas as etapas após o processo de curtume até à pele acabada;
- ⇒ Pele já tingida, seca e amaciada, “*crust*”, que é submetida aos processos de acabamento em função do produto pretendido.

O fluxograma abaixo representado indica o valor das entradas e saídas de pele da fábrica referente ao ano 2008:

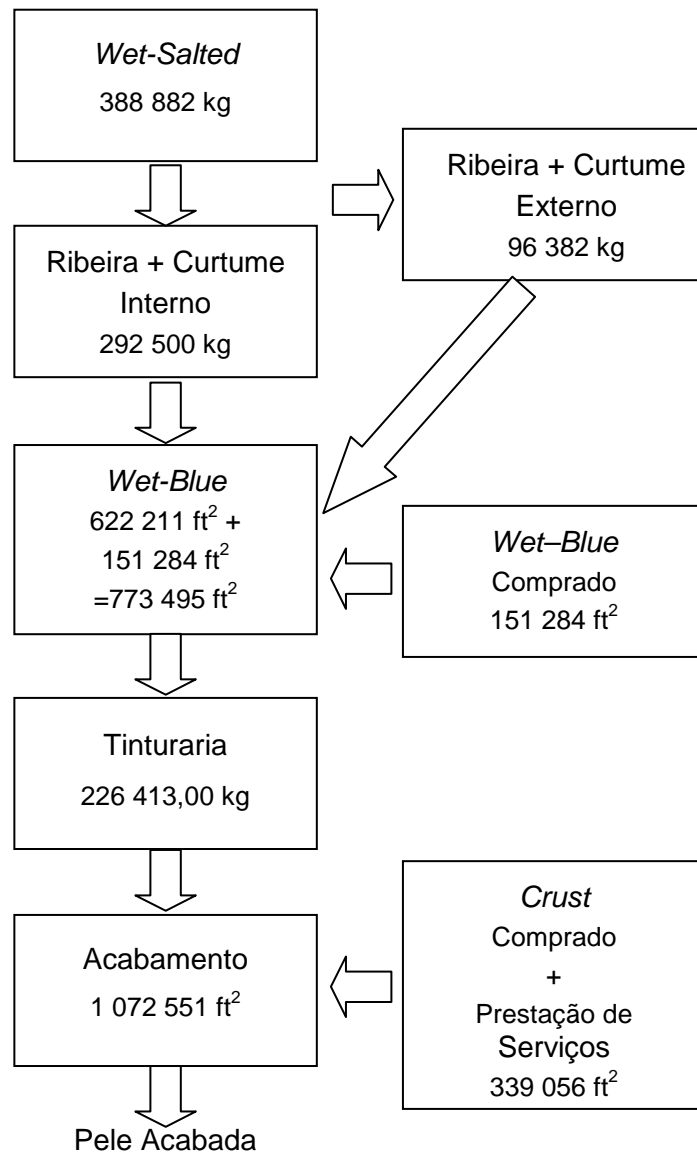


Figura 3.1. Entradas e saída de peles da empresa *Curtumes Aveneda, Lda* para o ano 2008.

A figura seguinte representa as entradas mensais em cada uma das três mais importantes fases do processo no ano 2008:



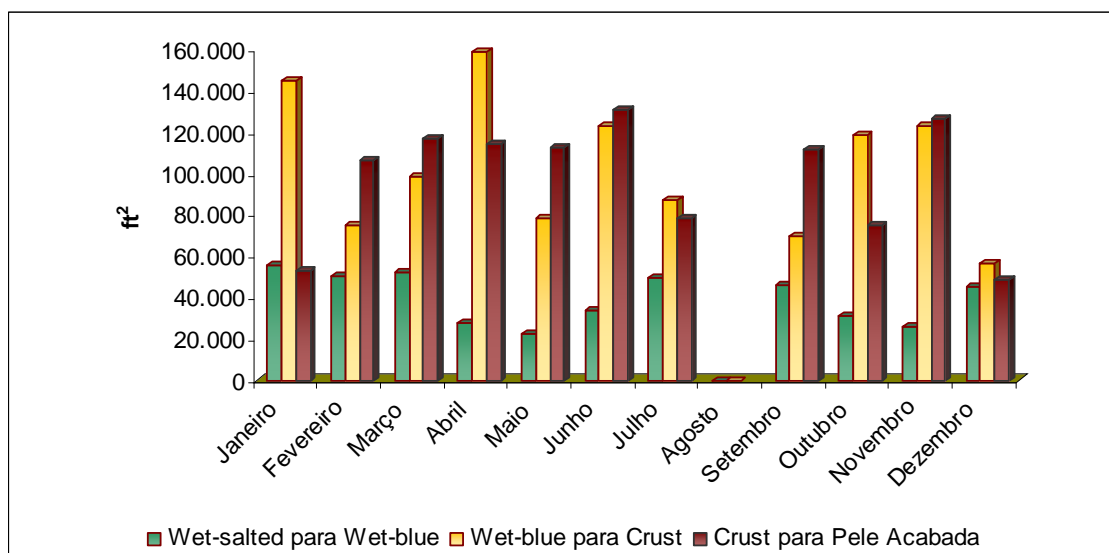


Figura 3.2. Quantidade de peles sujeitas ao processo produtivo de *wet-salted* para *wet-blue*, de *wet-blue* para *crust* e de *crust* para pele acabada durante o ano 2008

### 3.2. Consumo de nafta

A nafta é usada como combustível da caldeira utilizada na fábrica para a produção de vapor. O vapor produzido na caldeira não vai só alimentar o permutador de placas, mas também directamente alguns equipamentos como: secador de vazio, estufa giratória, túnel de pintura e máquina de pregar. A figura 3.3 resume os consumos de nafta nos meses do ano 2008:

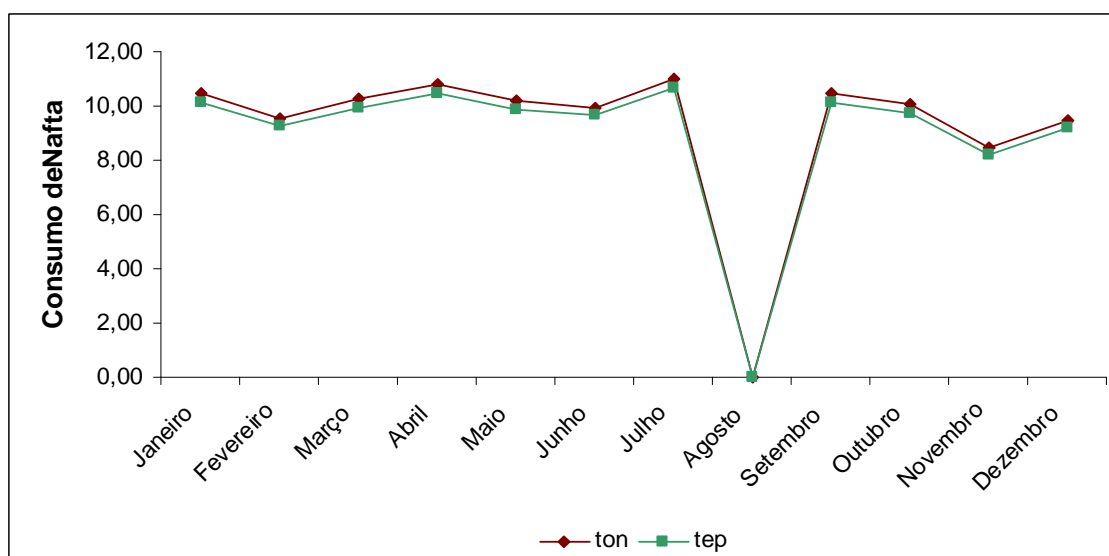


Figura 3.3. Distribuição dos consumos de fuel -óleo

Verifica-se que o maior pico de consumo de nafta foi atingido no mês de Abril, seguidamente de Julho e Janeiro.

### 3.3. Consumo de gasóleo na estufa

A estufa de secagem de peles queima gasóleo para aquecimento do ar utilizado na secagem das peles, após o secador de vácuo ou mesmo directamente sem recurso ao vácuo. A figura 3.4 representa a distribuição de gasóleo nos 12 meses do ano 2008

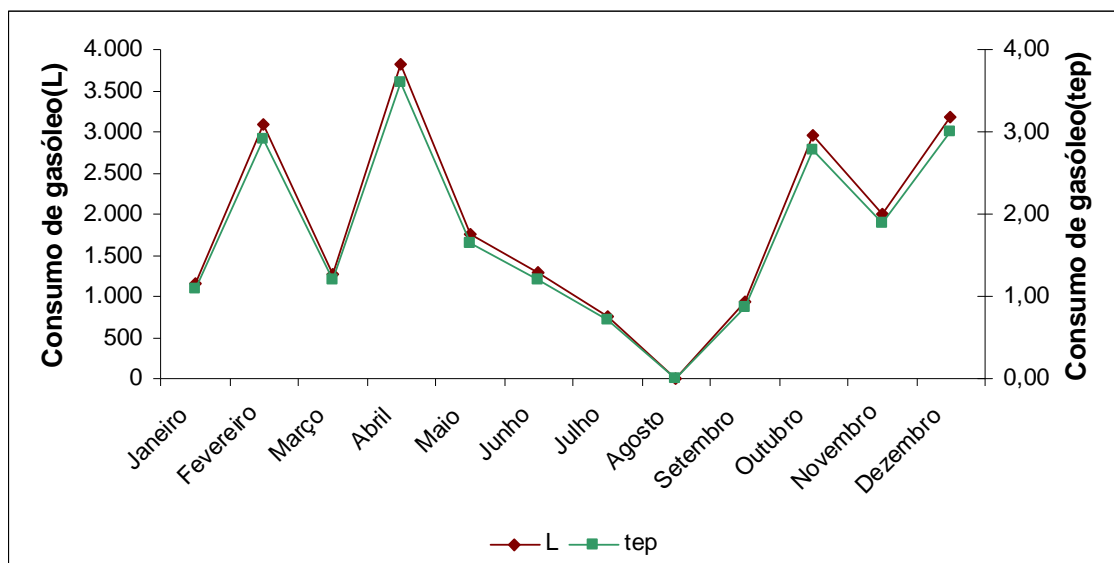


Figura 3.4. Distribuição dos consumos de gasóleo na estufa

Verifica-se que o maior pico de consumo de gasóleo foi atingido no mês de Abril e, seguidamente, Fevereiro e Outubro. Os meses ditos com temperaturas elevadas como é o caso de Maio, Junho e Julho não apresentam grandes consumos de gasóleo dado que nesses meses as peles secam geralmente à temperatura ambiente.

### 3.4. Consumo de energia eléctrica

Avaliou-se o consumo de energia eléctrica através da análise das facturas eléctrica com o intuito de verificar se a opção tarifária é a melhor; analisar a distribuição dos consumos de horas cheias, vazio e pontas, se existe pagamento de energia reactiva ou não, e a evolução da potência em horas de ponta e da potência contratada.

A energia eléctrica é recebida em média tensão e distribuída através de um transformador de 315 kVA, responsável pelo abastecimento eléctrico às instalações principais de produção. A contagem é tetra-horária e a opção tarifária é de MT-Longas

A transposição para forma gráfica dos valores dos consumos das facturas de energia eléctrica ao longo dos doze meses do ano 2008, com a respectiva distribuição em HVN, HSV, HP e HC, constitui uma espécie de diagrama de cargas anual. A sua evolução vai confirmar que o ritmo de laboração não é constante ao longo do ano e pode ainda confirmar algumas irregularidades no processo de fabrico, como foi o caso da caldeira.

A figura 3.5 representa a repartição do consumo de energia eléctrica ao longo dos doze meses do ano 2008:

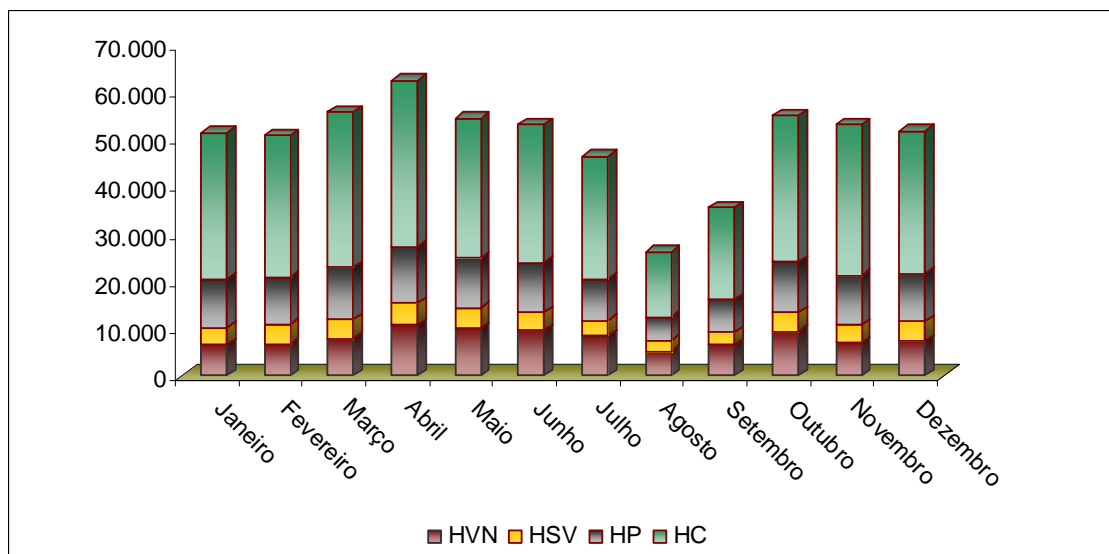


Figura 3.5. Distribuição em HVN, HSV, HP e HC ao longo dos doze meses do ano 2008

Através da análise da figura 3.5 verifica-se que as HC constituem a maior fatia de consumo de energia eléctrica com cerca de 56% do consumo total anual, seguido da HP com 20%, HVN 16% e HSV com 16% e 8% respectivamente.

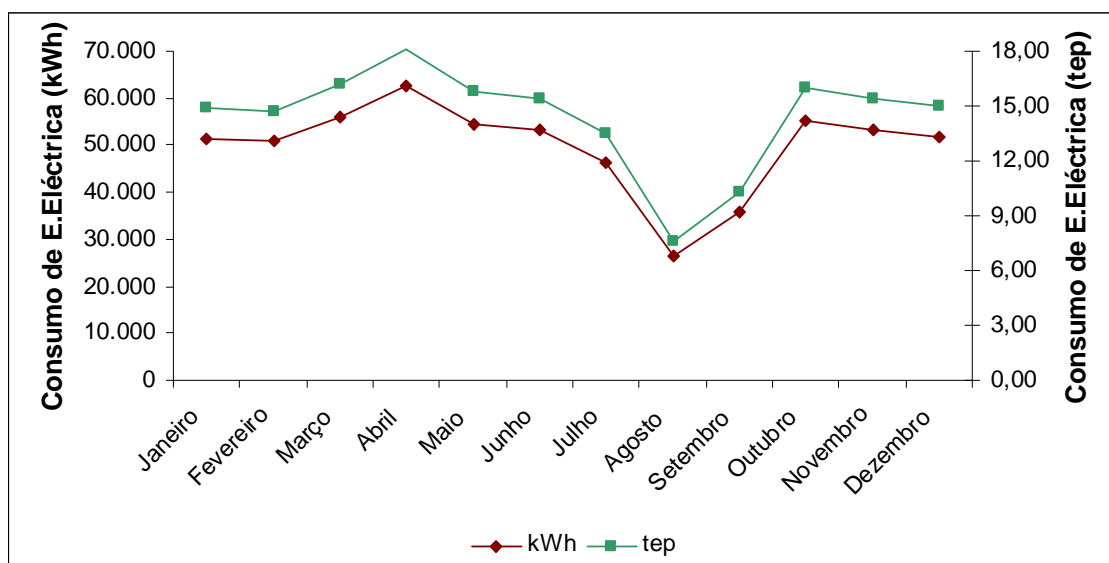


Figura 3.6. Distribuição dos consumos de energia eléctrica em 2008

### 3.5. Consumo energético global

Os valores apresentados na tabela 3.1 constituem um resumo mensal do consumo e dos custos das várias formas de energia ao longo do ano 2008.

Tabela 3.1. Factura energética ao longo dos doze meses do ano 2008

| Mês          | Nafta      |                  | Gasóleo     |                  | E. Eléctrica |                  | TOTAL      |                   |
|--------------|------------|------------------|-------------|------------------|--------------|------------------|------------|-------------------|
|              | tep        | €                | tep         | €                | tep          | €                | tep        | €                 |
| Janeiro      | 10,1       | 4.577,87         | 1,09        | 868,69           | 14,9         | 3.776,41         | 26,1       | 9.222,97          |
| Fevereiro    | 9,27       | 4.107,00         | 2,90        | 2.557,46         | 14,7         | 3.697,04         | 26,9       | 10.361,50         |
| Março        | 9,95       | 4.084,68         | 1,20        | 984,42           | 16,2         | 4.070,50         | 27,4       | 9.139,60          |
| Abril        | 10,5       | 4.200,12         | 3,59        | 3.252,86         | 18,1         | 4.631,37         | 32,2       | 12.084,35         |
| Mai          | 9,89       | 4.050,75         | 1,64        | 1.496,50         | 15,8         | 4.016,12         | 27,3       | 9.563,37          |
| Junho        | 9,65       | 4.555,65         | 1,21        | 1.193,18         | 15,4         | 3.928,99         | 26,3       | 9.677,82          |
| Julho        | 10,7       | 5.381,83         | 0,714       | 717,02           | 13,5         | 3.431,55         | 24,9       | 9.530,40          |
| Agosto       | 0,00       | -                | -           | -                | 7,62         | 1.918,17         | 7,62       | 1.918,17          |
| Setembro     | 10,1       | 5.348,41         | 0,873       | 834,36           | 10,3         | 2.628,18         | 21,3       | 8.810,95          |
| Novembro     | 9,73       | 4.860,99         | 2,78        | 2.593,98         | 16,0         | 3.959,30         | 28,5       | 11.414,27         |
| Outubro      | 8,18       | 3.420,22         | 1,88        | 1.486,07         | 15,4         | 3.887,12         | 25,5       | 8.793,41          |
| Dezembro     | 9,19       | 2.982,80         | 2,99        | 1.575,44         | 15,0         | 3.758,11         | 27,2       | 8.316,35          |
| <b>TOTAL</b> | <b>107</b> | <b>47.570,31</b> | <b>20,9</b> | <b>17.559,99</b> | <b>173</b>   | <b>43.702,86</b> | <b>301</b> | <b>108.833,16</b> |

Conclui-se que a energia eléctrica é que mais contribui para o consumo total de energia e a nafta contribui com o maior custo.

Conclui-se ainda que a empresa *Curtumes Aveneda, Lda*, não é consumidora intensiva de energia pois, durante o ano de 2008, o consumo total de energia não excedeu os 1000 tep/ano, ficando por aproximadamente 301,10 tep/ano. Assim, não surge a necessidade da empresa seguir o Regulamento de Gestão do Consumo de Energia (RGCE), embora não deixe de ser importante otimizar a utilização de energia, de forma a minimizar os consumos de energia e a sua incidência nos custos do produto final.

### 3.6. Avaliação dos consumos energéticos na fábrica

A avaliação do consumo energético pressupõe o conhecimento dos vários processos de fabrico envolvidos nas várias fases de transformação da pele e tipo de energia envolvida, como é representado no fluxograma seguinte:

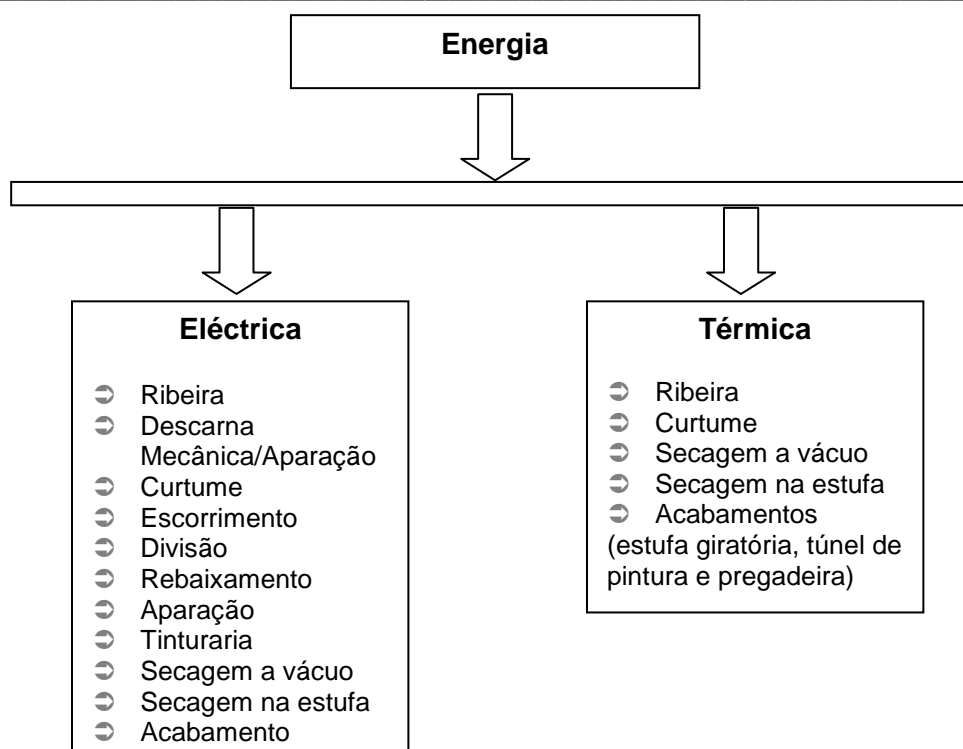


Figura 3.7. Esquema representativo da utilização de energia no processo produtivo.

A avaliação dos consumos nos vários equipamentos, nomeadamente no que respeita à energia térmica, implicou algumas medições com aparelhos especializados: o anemómetro de turbina (na estufa giratória), cronómetro (em todos os equipamentos), higrómetro (na estufa e na estufa giratória), termómetro (nos processos de ribeira e curtume, na secagem por vácuo, na estufa, na estufa giratória, no túnel de pintura e na caldeira).

No que respeita à energia eléctrica foi avaliada toda a potência instalada nos vários equipamentos.

De realçar que, devido à complexidade do processo de fabrico e ao sistema de produção por lotes, foi necessário um estudo e uma observação pormenorizada dos vários processos e operações, principalmente no que respeita ao número e tamanho dos lotes carregados nos fulões e também aos tempos de máquina.

### 3.6.1. Estratégia

As entradas de pele na empresa, em diferentes estados, delimitam claramente três fases do processo. Por outro lado, conforme os diferentes produtos fabricados, verificam-se diferenças nos processos de fabrico a partir da tinturaria com mais evidência nos processos de acabamento. Nesta base, para efeito de avaliação do consumo específico de energia,

decidiu-se considerar os três produtos mais fabricados na empresa: *Nubuck*, *Anilina* e *Trapper*, e as seguintes fases:

**Fase I:** Desde a pele em bruto, *wet-salted*, até à pele curtida, *wet-blue*;

**Fase II:** Desde a pele curtida, *wet-blue*, até à pele seca e amaciada, *crust*;

**Fase III:** Desde a pele em *crust*, até à pele acabada

Na figura 3.8 apresenta-se o esquema representativo da estratégia seguida para determinar o consumo específico por fase e por artigo.

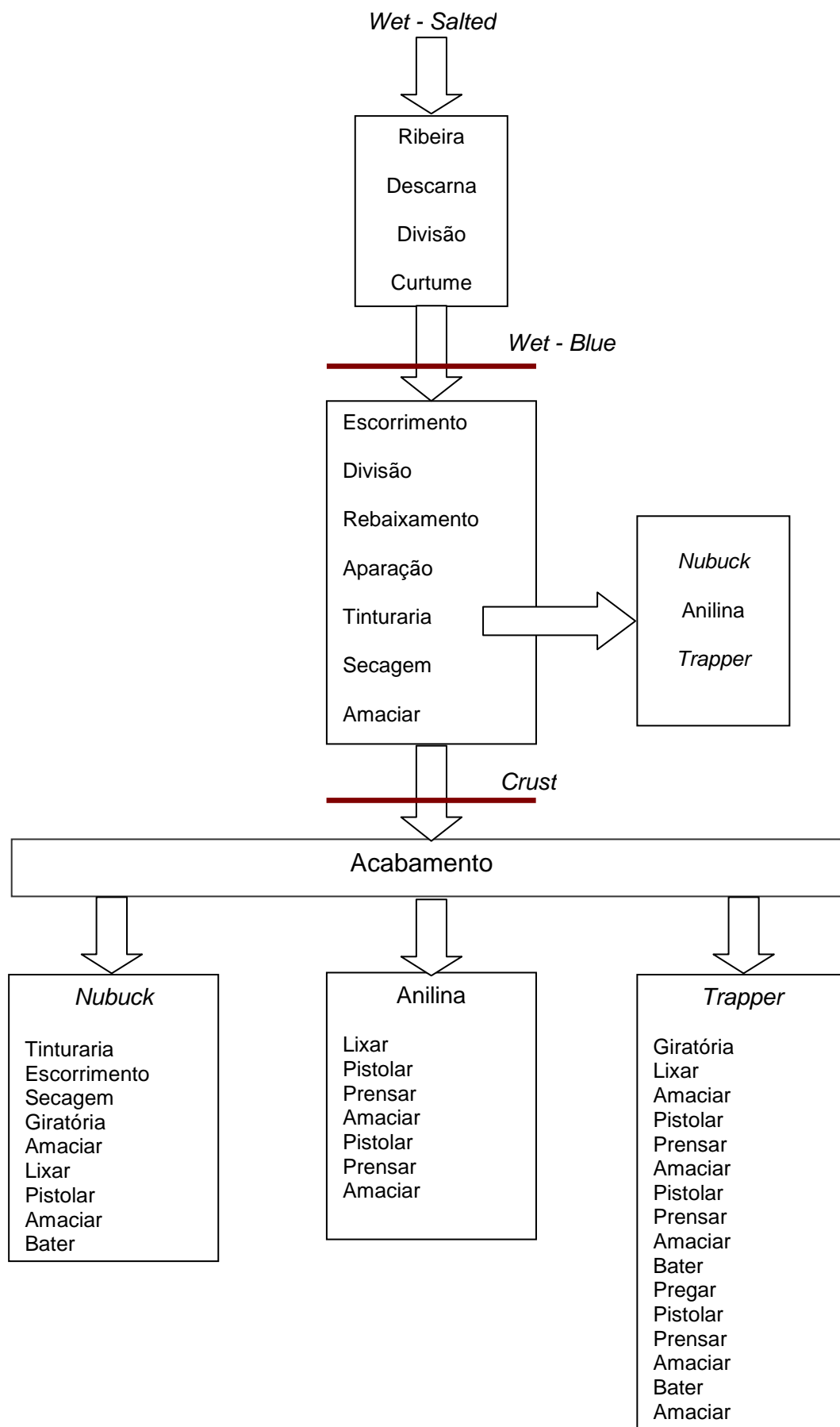


Figura 3.8. Fluxograma do plano para determinação do consumo específico

Os cálculos efectuados com base no levantamento das potências instaladas e dos dados obtidos em termos de consumos de energia térmica são apresentados nos Anexos B e C.

### 3.6.2. Transformação de *wet-salted* para *wet-blue*

A transformação da pele de *wet-salted* para *wet-blue* é igual seja qual for o produto final. As tabelas seguintes apresentam os resultados obtidos quanto ao consumo de energia eléctrica e térmica nesta transformação.

Tabela 3.2. Consumos de energia térmica e eléctrica na transformação de *wet-salted* para *wet-blue* para uma base de cálculo de 5 toneladas de pele salgada

| Processos                            | Energia Térmica (kJ) | Energia Térmica (tep) | Energia Eléctrica (kWh) | Energia Eléctrica (tep) | <b>TOTAL (tep)</b> |
|--------------------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|
| Ribeira                              | 1.099.934            | 0,0263                | 200,6                   | 0,0582                  | 0,0845             |
| Descarna mecânica e Divisão em tripa | -                    | -                     | 140,5                   | 0,0407                  | 0,0407             |
| Curtume                              | 1.483.077            | 0,0354                | 305,7                   | 0,0887                  | 0,1241             |
| <b>TOTAL</b>                         | 2.583.011            | 0,0617                | 646,8                   | 0,1876                  | <b>0,2493</b>      |

Tabela 3.3. Consumo específico e consumo anual de energia no ano 2008 para a transformação de *wet-salted* para *wet-blue*

|   |               |
|---|---------------|
| Consumo de Energia (kgep)                         | 249,3         |
| Base de Cálculo (ton)                             | 5             |
| Consumo Específico (kgep/ ton <i>wet-salted</i> ) | 49,9          |
| Produção me 2008 (ton)                            | 292.500       |
| <b>kgep</b>                                       | <b>14.583</b> |

### 3.6.3. Transformação de *wet-blue* para *crust*

A transformação da pele desde o estado *wet-blue* até *crust* depende do tipo de pele, tal como já referido, e foi avaliada para os três produtos mais fabricados na empresa: *Nubuck*, *Anilina* e *Trapper*.

#### 3.6.3.1. *Nubuck*

Os resultados obtidos para este produto, nesta fase, são apresentados nas tabelas seguintes:



Tabela 3.4. Consumos de energia térmica e eléctrica na transformação de *wet-blue* para *Nubuck* em *crust* para uma base de cálculo de 3000 ft<sup>2</sup> de pele rebaixada

| Processos                 | Energia Térmica (kJ) | Energia Térmica (tep) | Energia Eléctrica (kWh) | Energia Eléctrica (tep) | <b>TOTAL (tep)</b> |
|---------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|
| Escorrimento              | -                    | -                     | 10,7                    | 0,0031                  | 0,0031             |
| Divisão                   | -                    | -                     | 14,9                    | 0,0043                  | 0,0043             |
| Rebaixamento              | -                    | -                     | 106,8                   | 0,0310                  | 0,0310             |
| Aparação                  | -                    | -                     | 0,4                     | 0,0001                  | 0,0001             |
| Tinturaria                | 707.839              | 0,0169                | 208,0                   | 0,0603                  | 0,0772             |
| Escorrimento e Alisamento | -                    | -                     | 102,7                   | 0,0298                  | 0,0298             |
| Secagem a vácuo           | 608.336              | 0,0145                | 64,9                    | 0,0188                  | 0,0333             |
| Secagem na estufa         | 921.819              | 0,0226                | 342,7                   | 0,0994                  | 0,122              |
| Amaciamento               | -                    | -                     | 7,6                     | 0,0022                  | 0,0022             |
| <b>TOTAL</b>              | <b>2.237.994</b>     | <b>0,0540</b>         | <b>858,7</b>            | <b>0,2490</b>           | <b>0,3030</b>      |

Tabela 3.5. Consumo específico e consumo anual de energia no ano 2008 para a transformação de *wet- blue* para *Nubuck* em *crust*

|  |               |
|--|---------------|
| Produção de <i>Nubuck</i>                                | 44,44%        |
| Consumo de Energia (kgep)                                | 303,0         |
| Base de Cálculo (ft <sup>2</sup> )                       | 3000          |
| Consumo Especifico (kgep/ft <sup>2</sup> <i>Nubuck</i> ) | 0,1010        |
| Produção em 2008 (ft <sup>2</sup> )                      | 1.132.065     |
| <b>kgep</b>  | <b>50.817</b> |

### 3.6.3.2. Anilina

Os resultados obtidos para este produto, nesta fase, são apresentados nas tabelas seguintes

Tabela 3.6. Consumos de energia térmica e eléctrica na transformação de *wet-blue* para *Anilina* em *crust* para uma base de cálculo de 3000 ft<sup>2</sup> de pele rebaixada

| Processos                 | Energia Térmica (kJ) | Energia Térmica (tep) | Energia Eléctrica (kWh) | Energia Eléctrica (tep) | <b>TOTAL (tep)</b> |
|---------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|
| Escorrimento              | -                    | -                     | 10,7                    | 0,0031                  | 0,0031             |
| Divisão                   | -                    | -                     | 14,9                    | 0,0043                  | 0,0043             |
| Rebaixamento              | -                    | -                     | 106,8                   | 0,0310                  | 0,0310             |
| Aparação                  | -                    | -                     | 0,4                     | 0,0001                  | 0,0001             |
| Tinturaria                | 803.262              | 0,0192                | 175,7                   | 0,0510                  | 0,0702             |
| Escorrimento e Alisamento | -                    | -                     | 102,7                   | 0,0298                  | 0,0298             |
| Secagem a vácuo           | 579.940              | 0,0139                | 64,9                    | 0,0188                  | 0,0327             |
| Secagem na estufa         | 921.819              | 0,0226                | 342,7                   | 0,0994                  | 0,1220             |
| Amaciamento               | -                    | -                     | 7,6                     | 0,0022                  | 0,0022             |
| <b>TOTAL</b>              | <b>2.305.022</b>     | <b>0,0557</b>         | <b>826,4</b>            | <b>0,2397</b>           | <b>0,2954</b>      |

Tabela 3.7. Consumo específico e consumo anual de energia no ano 2008 para a transformação de *wet- blue* para Anilina em crust

|   |               |
|---|---------------|
| Produção de Anilina                               | 33,33%        |
| Consumo de Energia (kgep)                         | 295,4         |
| Base de Cálculo (ft <sup>2</sup> )                | 3000          |
| Consumo Especifico (kgep/ft <sup>2</sup> Anilina) | 0,0985        |
| Produção em 2008 (ft <sup>2</sup> )               | 1.132.065     |
| <b>kgep</b>                                       | <b>37.157</b> |

### 3.6.3.3. Trapper

Os resultados obtidos para este produto, nesta fase, são apresentados nas tabelas seguintes:

Tabela 3.8. Consumos de energia térmica e eléctrica na transformação de *wet-blue* para *Trapper* em crust para uma base de cálculo de 3000 ft<sup>2</sup> de pele rebaixada

| Processos                 | Energia Térmica (kJ) | Energia Térmica (tep) | Energia Eléctrica (kWh) | Energia Eléctrica (tep) | <b>TOTAL (tep)</b> |
|---------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|
| Escorrimento              | -                    | -                     | 10,7                    | 0,0031                  | 0,0031             |
| Divisão                   | -                    | -                     | 14,9                    | 0,0043                  | 0,0043             |
| Rebaixamento              | -                    | -                     | 106,8                   | 0,0310                  | 0,0310             |
| Aparação                  | -                    | -                     | 0,4                     | 0,0001                  | 0,0001             |
| Tinturaria                | 478.322              | 0,0114                | 205,6                   | 0,0596                  | 0,0711             |
| Escorrimento e Alisamento | -                    | -                     | 102,7                   | 0,0298                  | 0,0298             |
| Secagem a vácuo           | 76.405               | 0,0018                | 21,6                    | 0,0063                  | 0,0081             |
| Secagem na estufa         | 921.819              | 0,0226                | 342,7                   | 0,0994                  | 0,1220             |
| Amaciamento               | -                    | -                     | 7,6                     | 0,0022                  | 0,0022             |
| <b>TOTAL</b>              | <b>1.454.715</b>     | <b>0,0358</b>         | <b>812,9</b>            | <b>0,2375</b>           | <b>0,2716</b>      |

Tabela 3.9. Consumo específico e consumo anual de energia no ano 2008 para a transformação de *wet- blue* para *Trapper* em crust para uma base de cálculo de 3000 ft<sup>2</sup> de pele rebaixada

|   |               |
|---|---------------|
| Produção de <i>Trapper</i>                                | 22,22%        |
| Consumo de Energia (kgep)                                 | 271,6         |
| Base de Cálculo (ft <sup>2</sup> )                        | 3000          |
| Consumo Especifico (kgep/ft <sup>2</sup> <i>Trapper</i> ) | 0,0905        |
| Produção em 2008 (ft <sup>2</sup> )                       | 1.132.065     |
| <b>kgep</b>   | <b>22.713</b> |

### 3.6.4. Transformação de *crust* em pele acabada

#### 3.6.4.1. Nubuck

Os resultados obtidos para este produto, nesta fase, são apresentados nas tabelas seguintes:

Tabela 3.10. Consumos de energia térmica e eléctrica na transformação de *crust* para *Nubuck* acabado para uma base de cálculo de 3000 ft<sup>2</sup> de pele acabada

| Processos                   | Energia Térmica (kJ) | Energia Térmica (tep) | Energia Eléctrica (kWh) | Energia Eléctrica (tep) | <b>TOTAL (tep)</b> |
|-----------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|
| Lixagem 4x                  | -                    | -                     | 264,4                   | 0,0767                  | 0,0767             |
| Tinturaria (2ª passagem)    | 344.209              | 0,0082                | 86,5                    | 0,0251                  | 0,0333             |
| Escorrimento e Alisamento   | -                    | -                     | 102,6                   | 0,0298                  | 0,0298             |
| Secagem a vácuo             | 608.335              | 0,0145                | 64,9                    | 0,0188                  | 0,0334             |
| Secagem na estufa           | 921.819              | 0,0226                | 342,7                   | 0,0994                  | 0,1220             |
| Secagem na estufa giratória | 432.534              | 0,0103                | 2,7                     | 0,0008                  | 0,0111             |
| Amaciamento                 | -                    | -                     | 7,6                     | 0,0022                  | 0,0022             |
| Lixagem 1x                  | -                    | -                     | 66,1                    | 0,0192                  | 0,0192             |
| Pistola 2x                  | 115.517              | 0,0028                | 24,7                    | 0,0072                  | 0,0099             |
| Amaciamento                 | -                    | -                     | 7,6                     | 0,0022                  | 0,0022             |
| Bater                       | -                    | -                     | 11,2                    | 0,0032                  | 0,0032             |
| <b>TOTAL</b>                | 2.422.415            | 0,0584                | 981,3                   | 0,2846                  | <b>0,3430</b>      |

Tabela 3.11. Consumo específico e consumo anual de energia no ano 2008 para a transformação de *crust* para *Nubuck* acabada

|  |               |
|--|---------------|
| Produção de <i>Nubuck</i>                                | 44,44%        |
| Consumo de Energia (kgep)                                | 343,0         |
| Base de Cálculo (ft <sup>2</sup> )                       | 3000          |
| Consumo Específico (kgep/ft <sup>2</sup> <i>Nubuck</i> ) | 0,1143        |
| Produção em 2008 (ft <sup>2</sup> )                      | 1.072.552     |
| <b>kgep</b>  | <b>54.498</b> |

#### 3.6.4.2. Anilina

Os resultados obtidos para este produto, nesta fase, são apresentados nas tabelas seguintes:

Tabela 3.12. Consumos de energia térmica e eléctrica na transformação de *crust* para Anilina acabada base de cálculo de 3000 ft<sup>2</sup> de pele acabada

| Processos    | Energia Térmica (kJ) | Energia Térmica (tep) | Energia Eléctrica (kWh) | Energia Eléctrica (tep) | <b>TOTAL (tep)</b> |
|--------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|
| Lixagem 1x   | -                    | -                     | 66,1                    | 0,0192                  | 0,0192             |
| Pistola 2x   | 115.517              | 0,0028                | 24,7                    | 0,0072                  | 0,0099             |
| Prensagem    | -                    | -                     | 54,6                    | 0,0158                  | 0,0158             |
| Amaciamento  | -                    | -                     | 7,6                     | 0,0022                  | 0,0022             |
| Pistola 2x   | 115.517              | 0,0028                | 24,7                    | 0,0072                  | 0,0099             |
| Pistola 2x   | 115.517              | 0,0028                | 24,7                    | 0,0072                  | 0,0099             |
| Prensagem    | -                    | -                     | 54,6                    | 0,0158                  | 0,0158             |
| Amaciamento  | -                    | -                     | 7,6                     | 0,0022                  | 0,0022             |
| <b>TOTAL</b> | 346.551              | 0,0084                | 264,7                   | 0,0768                  | <b>0,0850</b>      |

Tabela 3.13. Consumo específico e consumo anual de energia no ano 2008 para a transformação de *crust* para Anilina acabada

|   |               |
|---|---------------|
| Produção de Anilina                               | 33,33%        |
| Consumo de Energia (kgep)                         | 85,0          |
| Base de Cálculo (ft <sup>2</sup> )                | 3000          |
| Consumo Especifico (kgep/ft <sup>2</sup> Anilina) | 0,0283        |
| Produção em 2008 (ft <sup>2</sup> )               | 1.072.552     |
| <b>kgep</b>                                       | <b>10.133</b> |

### 3.6.4.3. Trapper

Os resultados obtidos para este produto, nesta fase, são apresentados nas tabelas seguintes

Tabela 3.14. Consumos de energia térmica e eléctrica na transformação de *crust* para *Trapper* acabada base de cálculo de 3000 ft<sup>2</sup> de pele acabada

| Processos                   | Energia Térmica (kJ) | Energia Térmica (tep) | Energia Eléctrica (kWh) | Energia Eléctrica (tep) | <b>TOTAL (tep)</b> |
|-----------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|
| Secagem na estufa giratória | 432.533              | 0,0103                | 2,7                     | 0,0008                  | 0,0111             |
| Lixagem 2x                  | -                    | -                     | 132,2                   | 0,0383                  | 0,0384             |
| Amaciamento                 | -                    | -                     | 7,6                     | 0,0022                  | 0,0022             |
| Pistola 2x                  | 115.517              | 0,0028                | 24,7                    | 0,0072                  | 0,0099             |
| Prensagem                   | -                    | -                     | 54,6                    | 0,0158                  | 0,0158             |
| Amaciamento                 | -                    | -                     | 7,6                     | 0,0022                  | 0,0022             |
| Pistola 2x                  | 115.517              | 0,0028                | 24,7                    | 0,0072                  | 0,0099             |
| Prensagem                   | -                    | -                     | 54,6                    | 0,0158                  | 0,0158             |
| Amaciamento                 | -                    | -                     | 7,6                     | 0,0022                  | 0,0022             |
| Bater (16 horas)            | -                    | -                     | 358,4                   | 0,1039                  | 0,1039             |
| Pregar                      | -                    | -                     | 1,3                     | 0,0004                  | 0,0004             |
| Pistola 1x                  | 57.758               | 0,0014                | 12,4                    | 0,0036                  | 0,0050             |
| Prensagem                   | -                    | -                     | 54,6                    | 0,0158                  | 0,0158             |
| Amaciamento                 | -                    | -                     | 7,6                     | 0,0022                  | 0,0022             |
| Bater (30 min)              | -                    | -                     | 11,2                    | 0,0032                  | 0,0032             |
| Amaciamento                 | -                    | -                     | 7,6                     | 0,0022                  | 0,0022             |
| <b>TOTAL</b>                | <b>721.325</b>       | <b>0,0173</b>         | <b>800,9</b>            | <b>0,2323</b>           | <b>0,2404</b>      |

Tabela 3.15. Consumo específico e consumo anual de energia no ano 2008 para a transformação de *crust* para *Trapper* acabada

|   |               |
|---|---------------|
| Produção de <i>Trapper</i>                                | 22,22%        |
| Consumo de Energia (kgep)                                 | 280           |
| Base de Cálculo (ft <sup>2</sup> )                        | 3000          |
| Consumo Específico (kgep/ft <sup>2</sup> <i>Trapper</i> ) | 0,0933        |
| Produção em 2008 (ft <sup>2</sup> )                       | 1.072.551,88  |
| <b>kgep</b>   | <b>22.643</b> |

### 3.6.5. Estimativa do consumo energético global

Os consumos anteriormente determinados apontam para um valor do fabrico igual a 209.056 kgep para o ano de 2008 na empresa *Curtumes Aveneda, Lda*. A este valor dever-se-á acrescentar o consumo de energia eléctrica na ETAR, da iluminação e da caldeira que se apresenta na tabela seguinte.

Tabela 3.16. Consumo de energia eléctrica na ETAR, na iluminação e na caldeira

|  | kWh           | tep         |
|--|---------------|-------------|
| Consumo de Energia Eléctrica na ETAR     | 11.360        | 3,29        |
| Iluminação                               | 112           | 0,0325      |
| Bombagem, Compressor e Caldeira de Nafta | 1338          | 0,388       |
| <b>TOTAL</b>                             | <b>12.810</b> | <b>3,71</b> |

Assim, o consumo energético global estimado é de 212.770 kgep contra um valor real de 301.100 kgep, uma diferença por defeito de 41,5%.

Esta diferença aponta claramente para a hipótese de situações de ineficiência, embora seja de admitir alguns erros na avaliação efectuada, entre os quais o valor do factor de potência,  $\cos\phi$ , considerado no cálculo da energia eléctrica, igual a 0,8 (valor aconselhado pelo Eng<sup>o</sup> Belmiro Crispim, responsável pela utilização de energia na empresa *Monteiro Ribas, SA*).

### 3.6.6. Consumo de energia por fase e por produto

As figuras seguintes apresentam o consumo de energia por fase e por produto.

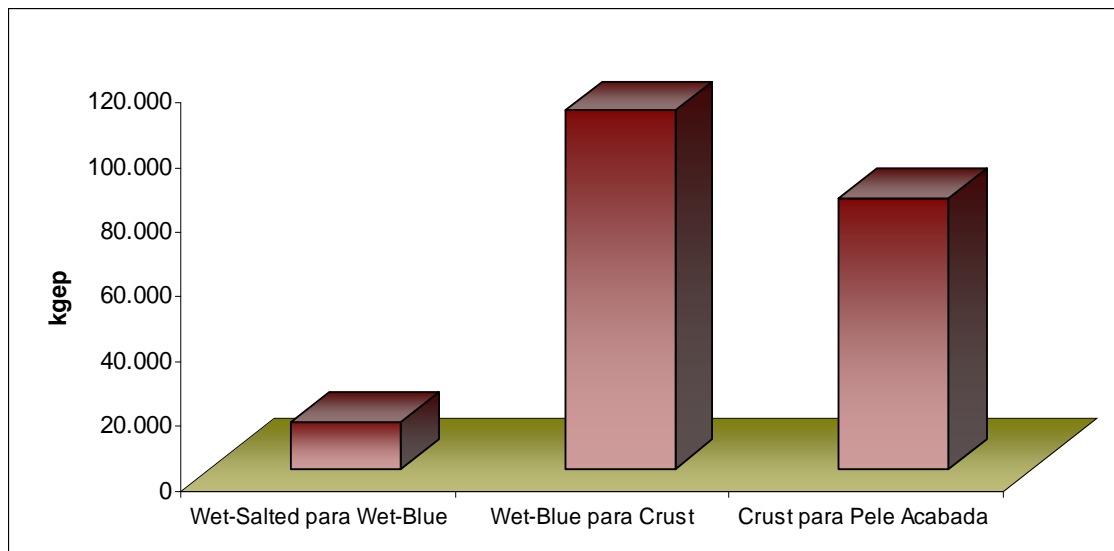


Figura 3.9. Consumo de energia estimado por fases de transformação

Através da análise da figura 3.9 conclui-se que a fase com maior consumo de energia é a transformação da pele de *wet-blue* para *crust*. Portanto, será este o sector onde é preponderante a optimização energética.

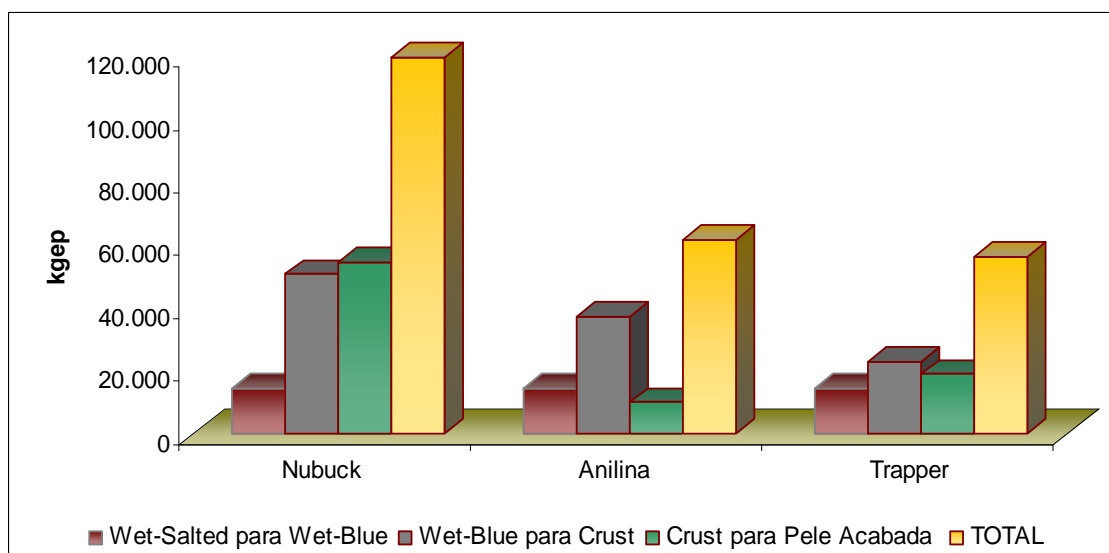


Figura 3.10. Consumo de energia estimado por tipo de pele

Dos três produtos considerados, o mais consumidor de energia é o *Nubuck*, seguido do *Trapper* e do *Anilina*, estes com consumos muito semelhantes.

## 4. Medidas de Utilização Racional de Recursos

O levantamento dos dados relativos aos equipamentos e o acompanhamento do processo de fabrico durante o diagnóstico energético permitiu, face aos resultados obtidos encontrar várias oportunidades de melhoria que se descrevem seguidamente por ordem de prioridade no que respeita ao seu estudo e implementação:

- ⇒ Sistema de controlo da adição de água na tinturaria;
- ⇒ Recurso a recurtume compacto;
- ⇒ Instalação de arrancadores progressivos nos fulões;
- ⇒ Optimização do sistema de aquecimento na estufa;
- ⇒ Optimização do funcionamento da caldeira.



## 4.1. Sistema de controlo da adição de água na tinturaria

Tendo em conta que na *Curtumes Aveneda, Lda* a adição de água é efectuada manualmente com probabilidade de existirem grandes erros, a instalação de um sistema de controlo de adição de água no processo da tinturaria será de extrema importância.

### 4.1.1. O sistema de controlo

Dado que as variáveis do processo variam continuamente no tempo, devido à sua natureza e/ou perturbações externas, torna-se necessário monitorizar e controlar essas variáveis para que as condições operatórias do processo obedeçam a critérios de segurança, ambientais, de produtividade, de qualidade, e de custo mínimo de operação.

Os principais objectivos de um sistema de controlo são:

- ⇒ Monitorizar a ou as variáveis do processo directamente relacionadas com o rendimento do processo;
- ⇒ Controlar uma ou mais variáveis do processo, para que fiquem fixas no ou perto do valor específico desejado, directamente relacionado com o rendimento e com restrições de operação do processo.

Um sistema de controlo é constituído por <sup>[3]</sup>:

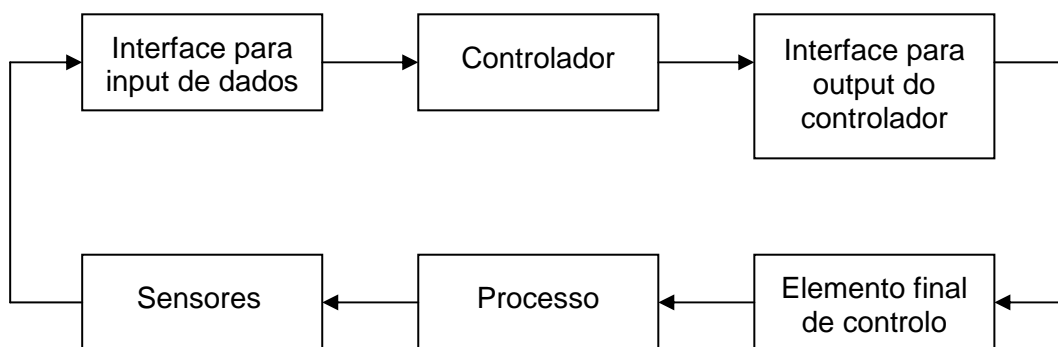


Figura 4.1.1. Diagrama simplificado de um sistema de controlo

### Sensores do processo e Interface para input de dados: Medida

Antes do controlo propriamente dito surge a necessidade de medir a variável dinâmica do processo. Esta medição pode ser efectuada com medidores pneumáticos ou electrónicos nos quais o valor da variável medida é transformado num sinal pneumático ou num sinal de tensão ou de corrente eléctrica. <sup>[4]</sup>

## Controlador e Interface para output do controlador: Avaliação

Seguidamente, na sequência de controlo do processo, o sinal medido é comparado com o valor de referência e produzido um sinal que é enviado ao elemento final de controlo de modo a trazer a variável controlada ao valor desejado. Esta parte da malha é designada por controlador. Qualquer controlador necessita de entradas, quer na representação do valor desejado da variável dinâmica, quer do valor desejado da variável, expresso da forma semelhante à do valor da variável medida. Chama-se referência ao valor desejável da variável dinâmica. Assim a avaliação consiste na comparação do valor medido da variável controlada com a referência e determinação da acção necessária para trazer a variável controlada ao valor de referência <sup>[4]</sup>.

### Elemento final de controlo: Actuador

O dispositivo que exerce uma influência directa no processo designa-se de elemento final de controlo. Este elemento recebe uma entrada vinda do controlador, <sup>[4]</sup>, e actua na variável manipulada, que introduz alterações no processo para que o valor da variável controlada se mantenha no seu valor de referência.

#### 4.1.2 Consumo de água na empresa

Através do estudo previsível de uma situação máxima diária de utilização de água na empresa *Curtumes Aveneda, Lda* foi concluído que o consumo de água é de aproximadamente 117 000 L/dia. A figura seguinte ilustra o consumo comparativo da ribeira, do curtume e da tinturaria.

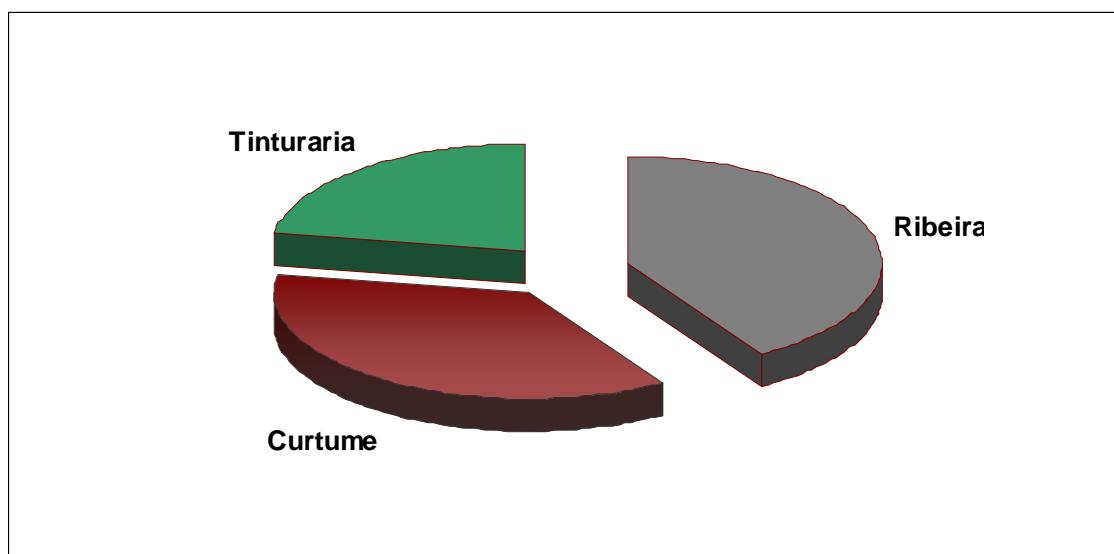


Figura 4.1.2. Consumo de água comparativo da ribeira, curtume e tinturaria

Os processos da ribeira e do curtume são os maiores consumidores de água, com cerca de 41% e 37% respectivamente, pelo facto de, além dos banhos de tratamento físico-químico, implicarem a necessidade de sucessivas lavagens. O processo da tinturaria apresenta um consumo de água de cerca de 22% do consumo total da fábrica. O consumo de água do acabamento é insignificante.

Com o objectivo de obter dados concretos e reais da própria empresa foi acompanhado o consumo de água de 3 a 7 e de 9 a 12 de Fevereiro de 2009. Seguidamente são apresentados nas figuras 4.1.3 e 4.1.4 os resultados obtidos para os consumos de água nos períodos indicados.

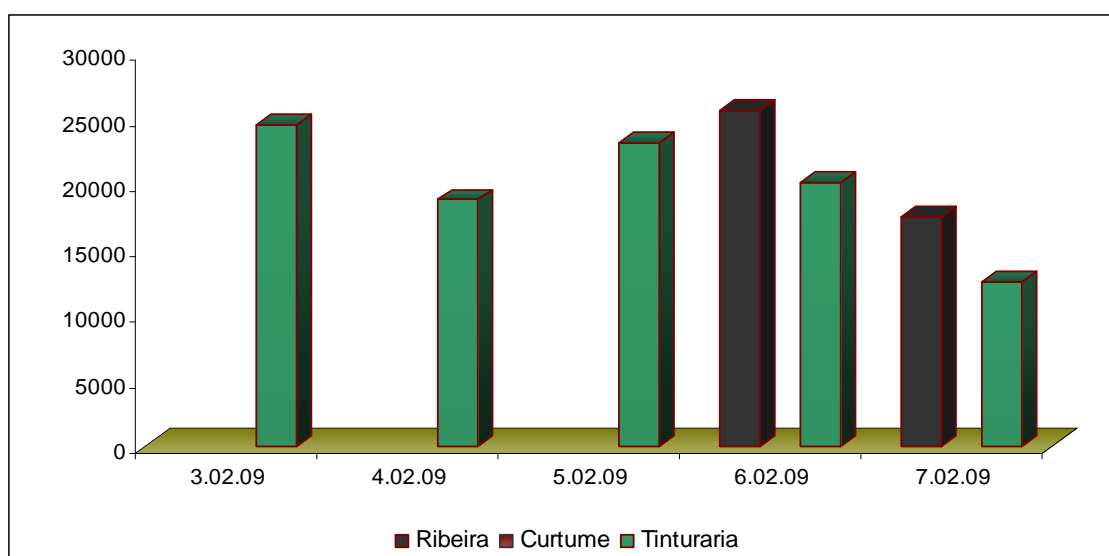


Figura 4.1.3. Consumo de água (L) nos *Curtumes Aveneda, Lda*, no dia 3 a 7 de Fevereiro de 2009

Pela análise da figura 4.1.3 verifica-se que no período de 3 a 7 de Fevereiro o processo da tinturaria laborou sempre, o da ribeira somente nos dias 6 e 7 de Fevereiro e o de curtume não laborou. Verifica-se que o maior consumo de água foi no dia 6 de Fevereiro, em que os processos da tinturaria e da ribeira laboraram.

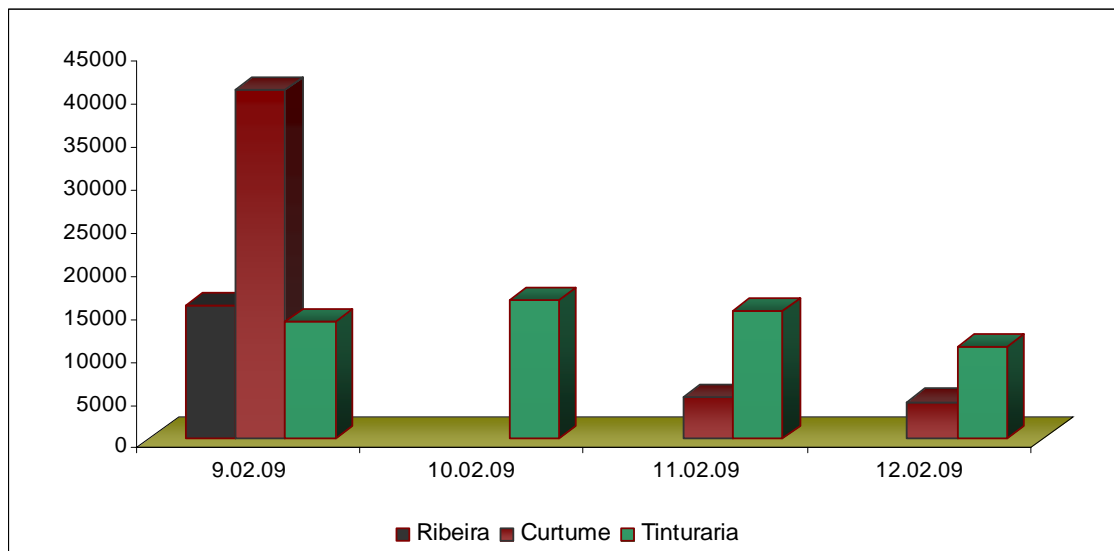


Figura 4.1.4. Consumo de água (L) nos *Curtumes Aveneda, Lda*, no dia 9 a 12 de Fevereiro de 2009

A partir da análise da figura 4.1.4 constata-se que o processo da tinturaria laborou todos os dias de 9 a 12 de Fevereiro, o da ribeira laborou só no dia 9 de Fevereiro e o curtume só não trabalhou no dia 10 de Fevereiro. O maior consumo de água verificou-se no dia 9 de Fevereiro, em que os três processos de estudo estiveram em laboração.

Por observação das figuras acima representados verifica-se que o processo da tinturaria é o processo com mais intensidade de trabalho, sendo também o processo que apresenta temperaturas mais altas que podem chegar aos 60-70°C e até 80°C, enquanto nos processos da ribeira e curtume a temperatura máxima é 28 e 38°C, respectivamente.

Sabendo igualmente que os processos pós-curtume são uma aposta cada vez mais evidente por parte da empresa, a tendência emergente de otimizar o consumo de água e também de energia nestas fases é preponderante, passando primeiramente por racionalização do consumo de água através da aplicação de um sistema de controlo ao processo da tinturaria.

### 4.1.3 Sistema de controlo no processo da tinturaria

#### 4.1.3.1 Modo de funcionamento actual do processo da tinturaria

Quando é necessária adição de água a determinada temperatura para um fulão, o operador, com a ajuda de um termómetro à saída do misturador, controla manualmente a abertura das válvulas do fluido quente e do fluido frio. Enquanto a temperatura de trabalho não é atingida, a água é encaminhada para o depósito de água fria. Quando a temperatura de trabalho é atingida, o operador acciona manualmente a válvula da adição de água para o

fulão pretendido, até completar o volume requerido que é controlado pela experiência do operador, sem qualquer meio de medida.



Figura 4.1.5. Processo da tinturaria da empresa *Curtumes Aveneda, Lda*, vista de frente



Figura 4.1.6. Processo da tinturaria da empresa *Curtumes Aveneda, Lda*, vista à retaguarda

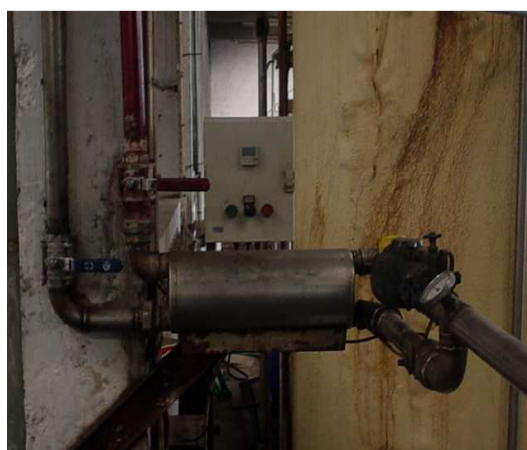


Figura 4.1.7. Misturador manual para o processo da tinturaria na empresa *Curtumes Aveneda, Lda*






#### 4.1.4. Sistema de Controlo Proposto

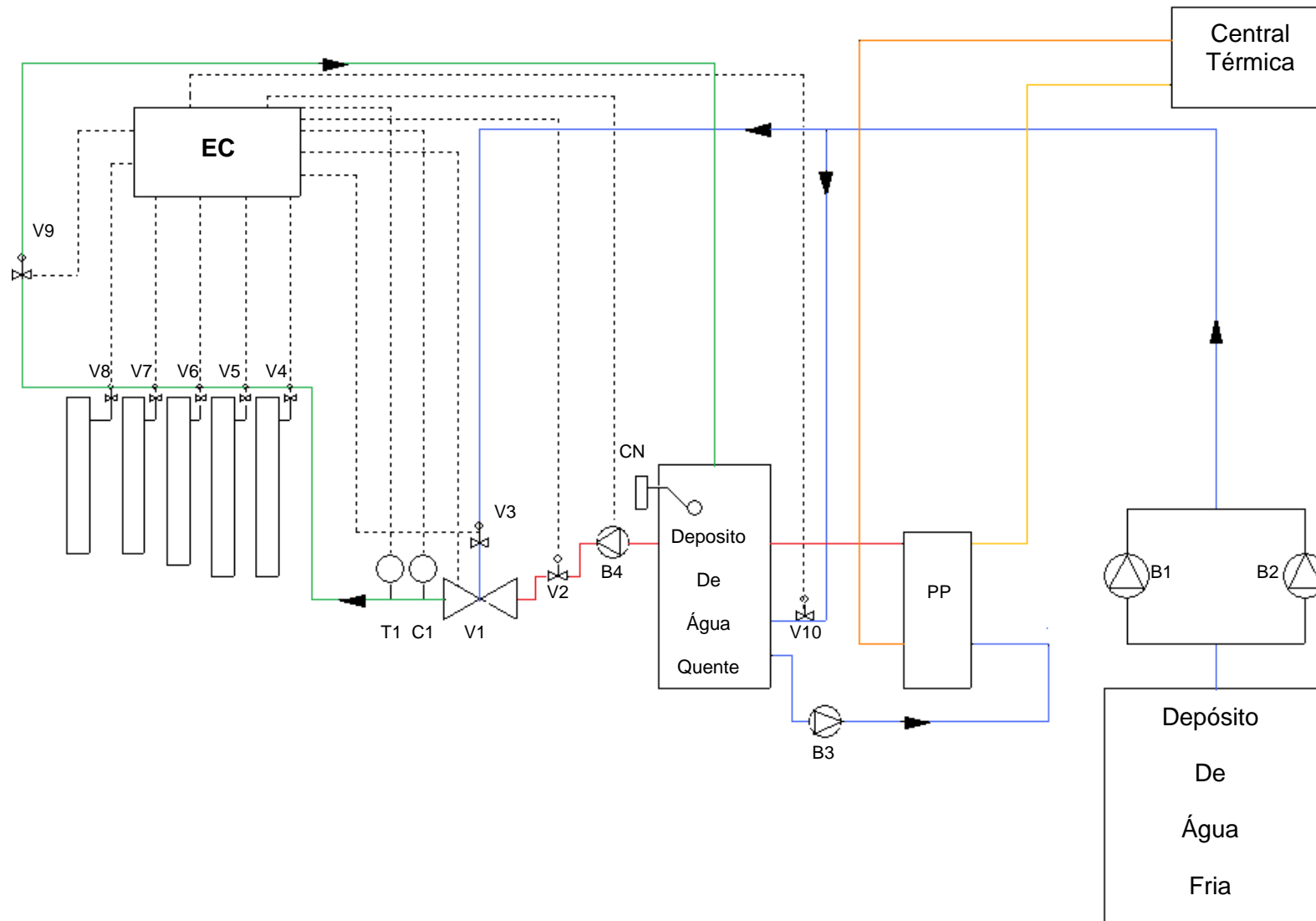
Este sistema de controlo foi projectado com o intuito de reduzir o consumo de água e energia, e também para melhorar a qualidade do processo da tinturaria, dado que o controlo de água é feito manualmente sem controlo de quantidade. Uma outra optimização do processo passou pelo reaproveitamento da água de retorno para a alimentação do depósito de água quente, minimizando assim a perda que se verifica quando esta água retorna ao tanque de água fria, o que acontece actualmente. A escolha dos equipamentos constituintes do sistema de controlo foi efectuada tendo em conta os recursos económicos que a empresa se disponibiliza a gastar.

O sistema de controlo projectado para o processo da tinturaria apresenta-se seguidamente:

##### Legenda:

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| B1, B2, B3, B4              | Bombas Centrifugas                      |
| CN                          | Controlador de Nível                    |
| C1                          | Contador de Litros                      |
| EC                          | Estação de Controlo                     |
| PP                          | Permutador de Placas                    |
| T1                          | Termopar (PT 100)                       |
| V1                          | Válvula Misturadora                     |
| V2,V3,V4,V5,V6,V7,V8,V9,V10 | Válvula Borboleta (ou Globo) Pneumática |

|                      |  |
|----------------------|--|
| Linha de Vapor       |  |
| Linha de Condensados |  |
| Água Fria            |  |
| Água Quente          |  |
| Água Mistura         |  |



## Modo de funcionamento

Quando se programa a adição de água para um fulão, as válvulas da água quente e da água fria abrem e estas são encaminhadas para a válvula de mistura (V1). A temperatura da água, à saída da válvula de mistura, é lida através do termopar (T1) e o controlador PID actua sobre a válvula de mistura, por manipulação das válvulas que controlam o caudal de água quente e de água fria, até ajustar a temperatura para o valor pretendido. A temperatura da corrente à saída da válvula de mistura é a variável controlada e o caudal de água fria e caudal de água quente são as variáveis manipuladas, variáveis estas de extrema importância na estratégia de controlo. Enquanto a temperatura da corrente à saída da válvula não apresenta um valor igual ao valor de referência, a água de mistura é encaminhada para o tanque de água quente mediante a válvula de retorno (V9). Quando encontrada a temperatura, o sistema de controlo fecha a válvula de retorno (V9) e abre a válvula de adição ao fulão programado, até completar o volume desejado medido através do contador de litros (C1).

## Componentes a adicionar

- ⇒ Uma bomba centrífuga à saída do tanque de água quente (B4);
- ⇒ Uma válvula misturadora (V1) que vai controlar a mistura do fluído frio com o fluído quente conforme a temperatura de trabalho pretendida;
- ⇒ Um termopar (PT-100) (T1) que lê a temperatura à saída da válvula de mistura.
- ⇒ Um contador de litros (C1) transdutor do caudal necessário para os fulões;
- ⇒ Nove válvulas borboletas (controlo pneumático) (V2-V10) exercem influência directa no processo, uma na entrada de cada um dos cinco fulões, uma na linha de retorno para o tanque de água quente, uma na corrente de água fria que compensa os gastos de água quente, uma na linha de água quente e outra na linha de água fria que alimentam a válvula misturadora;
- ⇒ Uma central de controlo que controla a temperatura da corrente à saída da válvula de mistura, por manipulação do caudal de água fria e do caudal de água quente que condicionará o caudal da mistura. Esta central de controlo também controlará o nível do tanque de água quente de modo a garantir que o tanque esteja sempre cheio;



## Componentes a manter

- ⇒ Sistema automático de controlo de nível no tanque de água quente (CN) em ligação ao permutador de placas, deve continuar visto que vai garantir que o tanque esteja sempre cheio;
- ⇒ Permutador de placas (PP) deve permanecer embora com alguns ajustamentos, nomeadamente o número de placas

Relativamente ao **retorno da água** da tinturaria este será feito não para o tanque de água fria, como é actualmente, mas sim para o tanque de água quente, sendo um modo de aproveitamento energético da água que alimenta o permutador de placas uma vez que é mais quente. Enquanto a água de retorno proveniente do processo da tinturaria estiver a ser direccionada para o tanque de água quente, a válvula (V9) que controla a entrada no fluido frio no tanque de água quente que deverá estar fechada, só abrindo quando o nível do líquido baixa para valores inferiores à referência. Relativamente ao retorno dos outros processos estes deverão continuar a ser feitos para o tanque de água fria, pois se forem encaminhados para o tanque de água quente poderá haver risco do sistema de controlo não ser eficiente, porque este é unicamente direccionado para o local do processo da tinturaria.

Face ao sistema de controlo proposto é necessário saber se o permutador tem capacidade para dar resposta às solicitações. Para tal é conveniente conhecer os picos de consumo de água e de energia na tinturaria.

### **4.1.5. Picos de consumo no processo da tinturaria**

Para verificar quais são os picos de consumo diários no processo da tinturaria e quais são as temperaturas que poderão ser atingidas foi efectuado também durante os dias 3 a 7 de Fevereiro e 9 a 11 de Fevereiro, a respectiva anotação das solicitações diárias de água e a temperatura de trabalho pretendida para este processo. As figuras 4.1.8 a 4.1.16 representam apenas o processo da tinturaria no seu local embora, por vezes, quando há excesso de produção, o processo de tinturaria também é realizado num fulão de curtume.

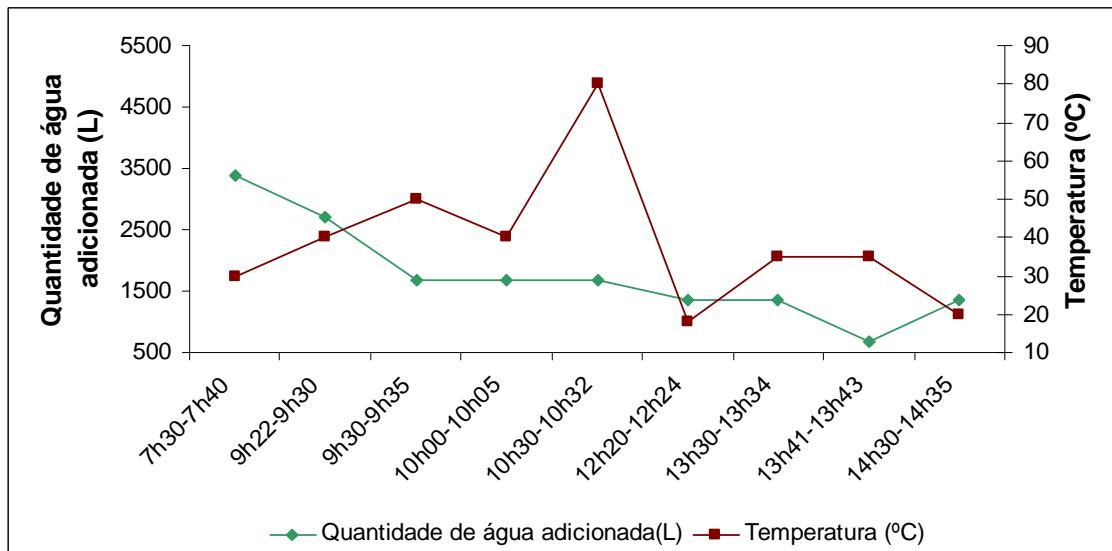


Figura 4.1.8. Quantidade de água consumida (L) e respectiva temperatura nas solicitações do dia 3 de Fevereiro de 2009

Como pode ser verificado na figura 4.1.8 o maior pico de consumo foi atingido na solicitação 7h30- 7h40 que foi 3371,0L. A temperatura mais alta foi atingida na solicitação 10h30-10h32, que foi de 80°C.

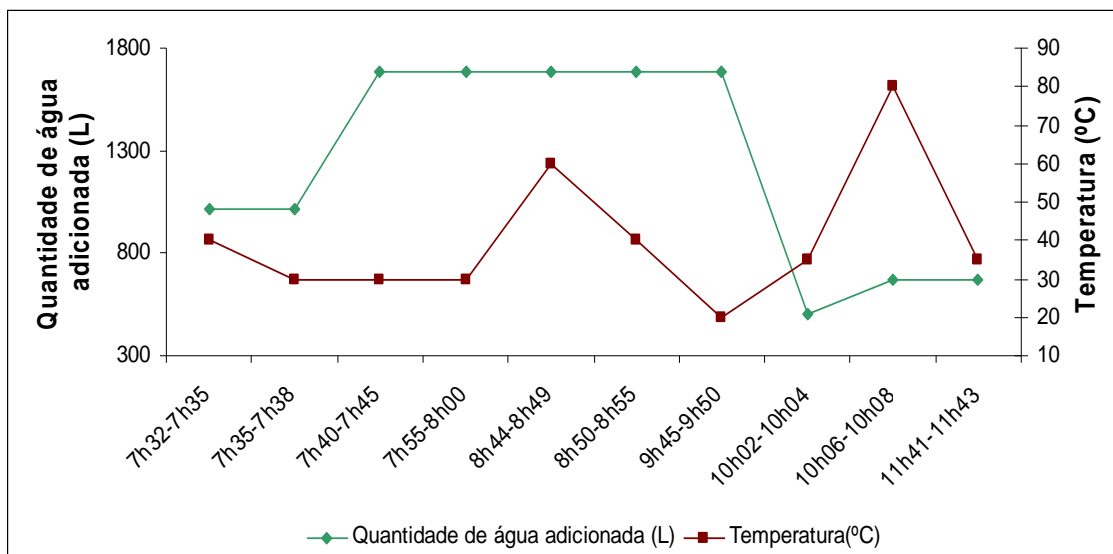


Figura 4.1.9. Quantidade de água consumida (L) e respectiva temperatura nas solicitações do dia 4 de Fevereiro de 2009

No dia 4 de Fevereiro o maior pico de consumo foi atingido na solicitação das 7h40-7h45, 7h55-8h00, 8h44-8h49, 8h50-8h55 e 9h45-9h50 que foi 1685,5L. A temperatura máxima atingida que foi de 80°C e ocorreu na solicitação 10h06-10h08.

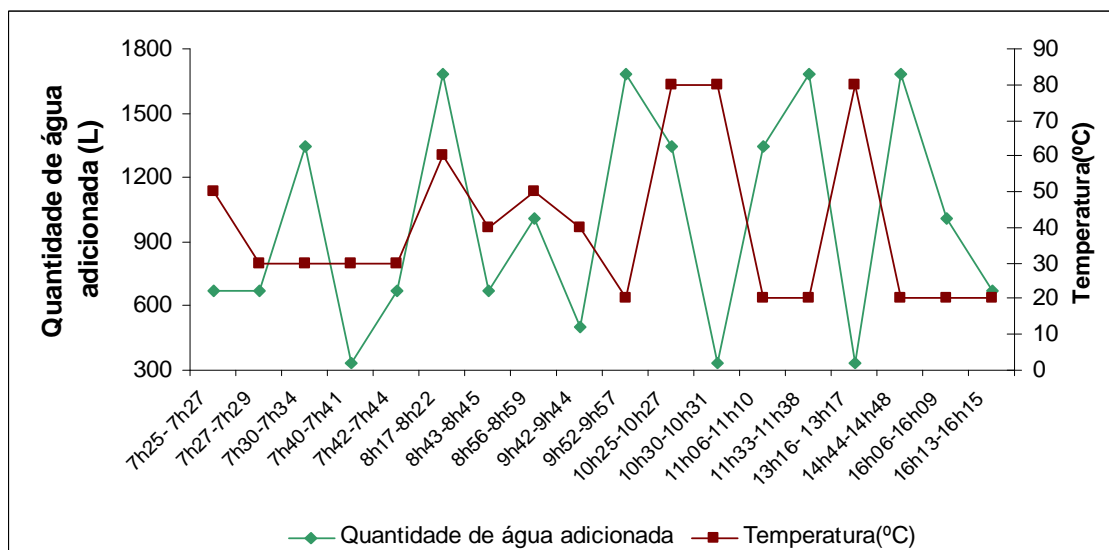


Figura 4.1.10 Quantidade de água consumida (L) e respectiva temperatura nas solicitações do dia 5 de Fevereiro de 2009

Como pode ser constatado na figura 4.1.10 o maior pico de consumo atingido nas solicitações 8h17-8h22, 9h52- 9h57, 11h33-11h38 e 14h44-14h49, e foi 1685,5L. A temperatura mais alta, 80 °C, foi atingida na solicitação 10h30-10h31,11h06-11h10 e 14h44-14h48.

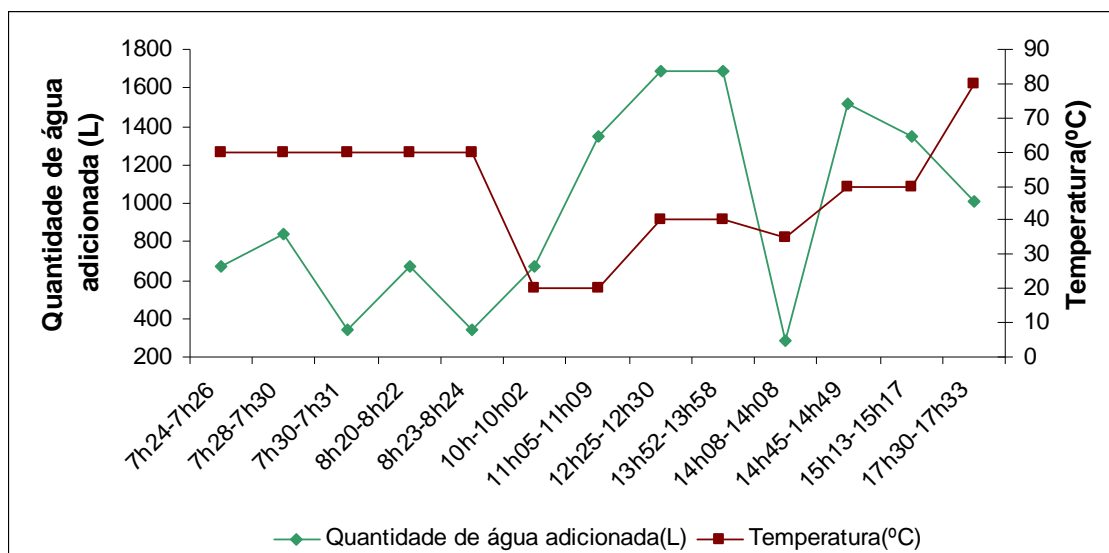


Figura 4.1.11. Quantidade de água consumida (L) e respectiva temperatura nas solicitações do dia 6 de Fevereiro de 2009

Verifica-se através da análise da figura 4.1.11 que o maior pico de consumo, 1686 L, foi atingido nas solicitações 12h25- 12h30 e 13h52-13h57. A temperatura máxima foi atingida na solicitação 17h30-17h33 e foi igual a 80°C.

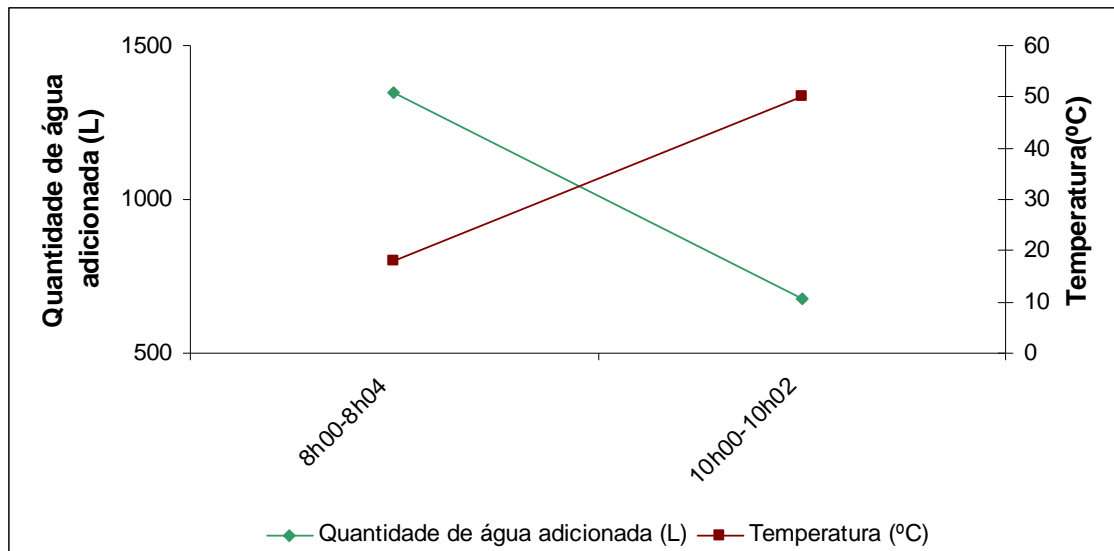


Figura 4.1.12. Quantidade de água consumida (L) e respectiva temperatura nas solicitações do dia 7 de Fevereiro de 2009

No dia 7 de Fevereiro só aconteceram duas solicitações, o maior pico de consumo foi atingido na solicitação 8h00- 8h04, e foi igual a 1348,4 L. A temperatura de trabalho mais elevada foi atingida na solicitação 10h00-10h02, e foi igual a 50 °C.

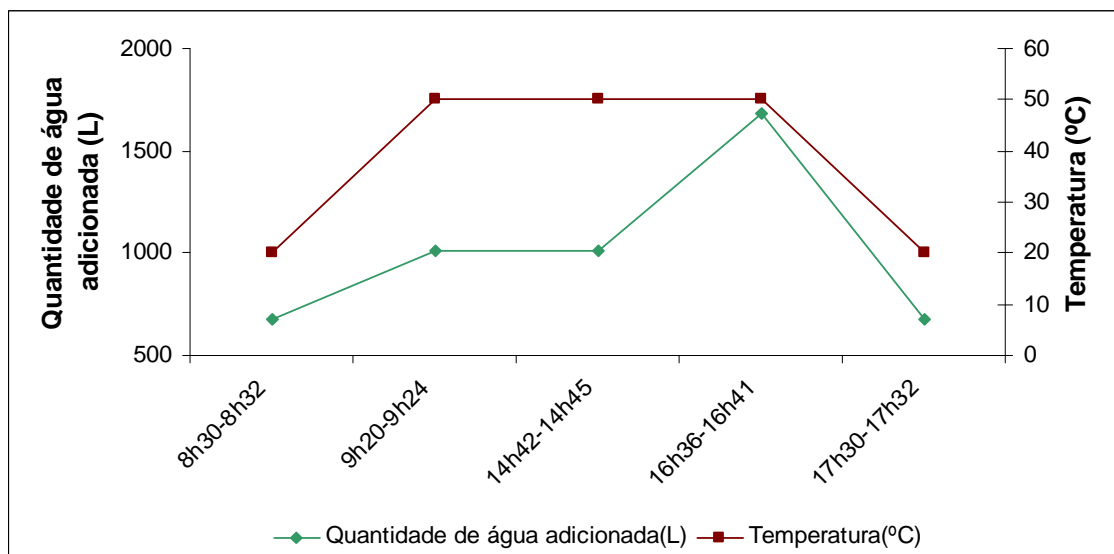


Figura 4.1.13. Quantidade de água consumida (L) e respectiva temperatura nas solicitações do dia 9 de Fevereiro de 2009

A maior solicitação de água, no dia 9 foi das 16h36-16h41, com um consumo de 1685,5L. A maior temperatura atingida neste dia foi a correspondente às solicitações 9h20-9h24, 14h42-14h45 e 16h36-16h41, e foi igual a 50°C.

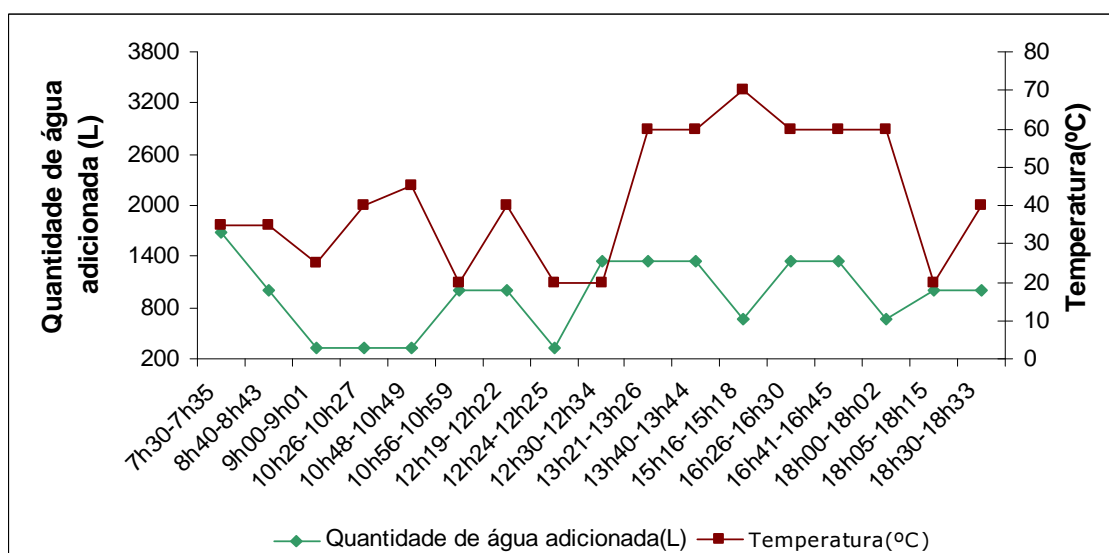


Figura 4.1.14. Quantidade de água consumida (L) e respectiva temperatura nas solicitações do dia 10 de Fevereiro de 2009

Relativamente ao dia 10 de Fevereiro verifica-se que a maior solicitação de água foi das 7h30-7h35, com 1685,5L. E que a maior temperatura atingida neste dia foi a correspondente às solicitações 15h16-15h18, com uma temperatura de 70°C.

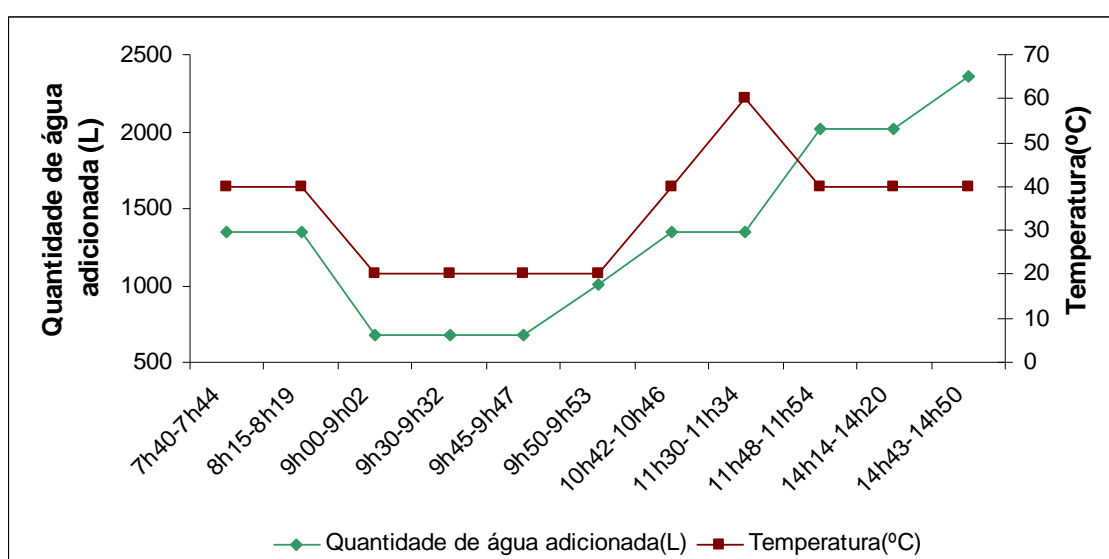


Figura 4.1.15. Quantidade de água consumida (L) e respectiva temperatura nas solicitações do dia 11 de Fevereiro de 2009

No dia 11 de Fevereiro a maior solicitação de água foi das 14h43-14h50, com 2359,7L. Verifica-se também que a temperatura máxima atingida neste dia foi a correspondente às solicitações 11h30-11h34 relativa a uma temperatura de trabalho de 60°C.

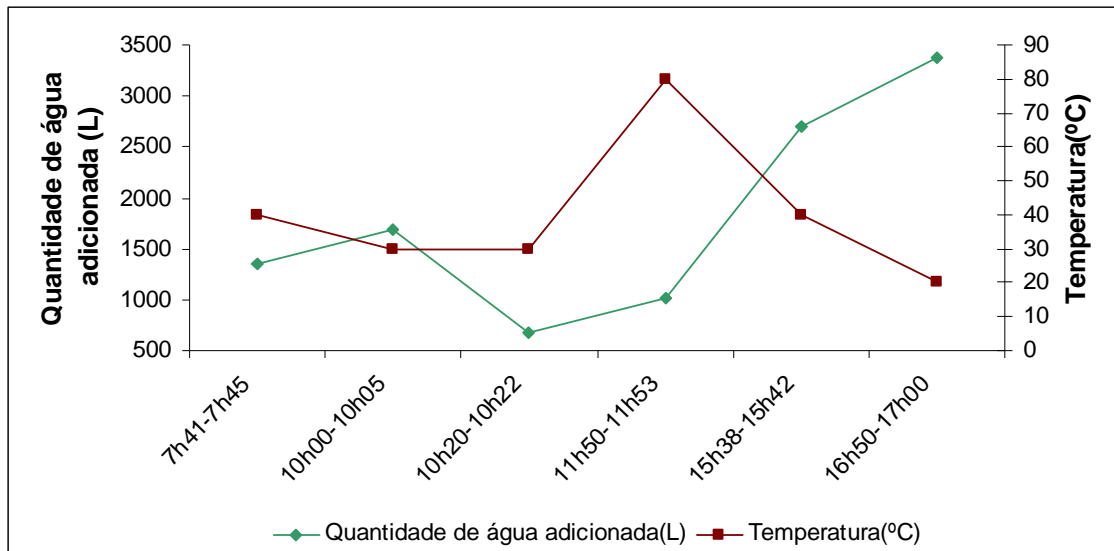


Figura 4.1.16. Quantidade de água consumida (L) e respectiva temperatura nas solicitações do dia 12 de Fevereiro de 2009

No dia 12 de Fevereiro a maior solicitação de água foi das 16h50-17h00, correspondente a 3250L. A maior temperatura atingida neste dia foi nas solicitações 11h50-11h53, correspondente a uma temperatura de 80°C.

#### 4.1.6 Balanço de energia à válvula misturadora

Com a finalidade de estudar qual o caudal necessário de água quente e água fria de modo a obter a temperatura de trabalho pretendida, foi efectuado um balanço de energia à válvula misturadora, a ser implementada, com os três maiores picos de consumo do processo da tinturaria no local do mesmo para os dias 3 a 7 e 9 a 12 de Fevereiro de 2009.

Tabela 4.1.1 . Entalpia da mistura, caudal de água fria, caudal de água quente para os três maiores picos de consumo de água para os dias 3 a 7 de Fevereiro de 2009

| Dia     | Solicitações | $T_i (^{\circ}C)$ | $\dot{m}_{PT} \left( \frac{kg}{s} \right)$ | $H_m \left( \frac{kJ}{s} \right)$ | $\dot{m}_f \left( \frac{kg}{s} \right)$ | $\dot{m}_q \left( \frac{kg}{s} \right)$ |
|---------|--------------|-------------------|--|-----------------------------------|---|---|
| 3.02.09 | 7h30-7h40    | 30                | 5,62                                       | 704,6                             | 4,69                                    | 0,93                                    |
|         | 9h22-9h30    | 40                |  | 938,9                             | 3,75                                    | 1,87                                    |
|         | 9h30-9h35    | 50                |  | 1173,5                            | 2,82                                    | 2,80                                    |
| 4.02.09 | 7h40-7h45    | 30                |  | 704,6                             | 4,69                                    | 0,93                                    |
|         | 8h44-8h49    | 60                |  | 1408,8                            | 1,88                                    | 3,74                                    |
|         | 8h50-8h55    | 40                |  | 938,9                             | 3,75                                    | 1,87                                    |
| 5.02.09 | 8h17-8h22    | 60                |  | 1408,8                            | 1,88                                    | 3,74                                    |
|         | 9h52-9h57    | 20                |  | 470,3                             | 5,62                                    | 0,00                                    |
|         | 10h25-10h29* | 80                |  | 1881,6                            | 0,00                                    | 5,62                                    |
| 6.02.09 | 12h25-12h30  | 40                |  | 938,9                             | 3,75                                    | 1,87                                    |
|         | 13h52-13h58  | 40                |  | 938,9                             | 3,75                                    | 1,87                                    |
|         | 14h45-14h49  | 50                |  | 1173,5                            | 2,82                                    | 2,80                                    |
| 7.02.09 | 8h00-8h04    | 20                |  | 470,3                             | 5,62                                    | 0,00                                    |
|         | 10h00-10h02  | 50                |  | 1173,5                            | 2,82                                    | 2,80                                    |

\* Apesar de não pertencer às três solicitações com maior pico de consumo, apresenta uma temperatura importante para estudo e por isso a escolha desta solicitação

Tabela 4.1.2 . Entalpia da mistura, caudal de água fria, caudal de água quente para os três maiores picos de consumo de água para os dias 9 a 12 de Fevereiro de 2009

| Dia      | Solicitações | $T_i (^{\circ}C)$ | $\dot{m}_{PT} \left( \frac{kg}{s} \right)$ | $H_m \left( \frac{kJ}{s} \right)$ | $\dot{m}_f \left( \frac{kg}{s} \right)$ | $\dot{m}_q \left( \frac{kg}{s} \right)$ |
|----------|--------------|-------------------|--|-----------------------------------|---|---|
| 9.02.09  | 8h30-8h32*   | 20                | 5,62                                       | 470,3                             | 5,62                                    | 0,00                                    |
|          | 9h20-9h23    | 50                |  | 1173,5                            | 2,82                                    | 2,80                                    |
|          | 16h36-16h41  | 50                |  | 1173,5                            | 2,82                                    | 2,80                                    |
| 10.02.09 | 7h30-7h35    | 35                |  | 821,6                             | 4,22                                    | 1,40                                    |
|          | 12h30-12h34  | 20                |  | 470,3                             | 5,62                                    | 0,00                                    |
|          | 13h21-13h26  | 60                |  | 1408,8                            | 1,88                                    | 3,74                                    |
| 11.02.09 | 11h30-11h34* | 60                |  | 1408,8                            | 1,88                                    | 3,74                                    |
|          | 11h48-11h54  | 40                |  | 938,9                             | 3,75                                    | 1,87                                    |
|          | 14h43-14h50  | 40                |  | 938,9                             | 3,75                                    | 1,87                                    |
| 12.02.09 | 10h00-10h05  | 30                |  | 704,6                             | 4,69                                    | 0,93                                    |
|          | 15h34-15h42  | 40                |  | 938,9                             | 3,75                                    | 1,87                                    |
|          | 16h50-17h00  | 20                |  | 470,3                             | 5,62                                    | 0,00                                    |

\* Apesar de não pertencer às três solicitações com maior pico de consumo, apresenta uma temperatura importante para estudo e por isso a escolha desta solicitação.

#### 4.1.7 Permutador de placas

Para verificar se o permutador de placas apresenta capacidade para dar resposta ao sistema de controlo proposto foi efectuado um estudo correspondente aos três maiores picos de consumo dos dias 3 a 7 e 9 a 12 de Fevereiro de 2009.

O programa térmico do permutador de placas, provido pelo fornecedor, antes da inclusão do sistema de controlo é seguidamente apresentado:

Tabela 4.1.3. Programa térmico provido pelo fornecedor, para as 20 placas originais

|              | Caudal       | $T_e$ (°C) | $T_s$ (°C) | Perdas de Pressão (bar) | Potência |
|--------------|--------------|------------|------------|-------------------------|----------|
| Vapor (3bar) | 788 (kg/h)   | 143        | 143        | 0,7                     | 400.000* |
| Água         | 10.000 (L/h) | 40         | 80         | 0,44                    | (kcal/h) |

\*para efeito de cálculos não foi este o valor da potência térmica utilizada, mas sim o valor de 450.000 kcal/h, uma vez que o número de placas já não é 20 mas 25 placas. Este valor de 450.000 kcal/h, (523 kJ/s) é um valor abaixo da aproximação, tendo em conta a existência provavelmente de sujidade e incrustações no permutador



Figura 4.1.17. Permutador de placas da empresa *Curtumes Aveneda, Lda*

Tabela 4.1.4. Quantidade de calor necessária para obedecer às condições de trabalho para os três maiores picos de consumo de 3 a 7 de Fevereiro de 2009

| Dia     | Solicitações | $T_i$ (°C) | $\dot{m}_q$ $\left(\frac{kg}{s}\right)$ | $q$ $\left(\frac{kJ}{s}\right)$ |
|---------|--------------|------------|---|---------------------------------|
| 3.02.09 | 7h30-7h40    | 30         | 0,93                                    | 234                             |
|         | 9h22-9h30    | 40         | 1,86                                    | 468                             |
|         | 9h30-9h35    | 50         | 2,80                                    | <b>703</b>                      |
| 4.02.09 | 7h40-7h45    | 30         | 0,93                                    | 234                             |
|         | 8h44-8h49    | 60         | 3,74                                    | <b>939</b>                      |
|         | 8h50-8h55    | 40         | 1,86                                    | 468                             |
| 5.02.09 | 8h17-8h22    | 60         | 3,74                                    | <b>939</b>                      |
|         | 9h52-9h57    | 20         | 0,00                                    | -                               |
|         | 10h25-10h29  | 80         | 5,62                                    | <b>1412</b>                     |
| 6.02.09 | 12h25-12h30  | 40         | 1,86                                    | 468                             |
|         | 13h52-13h58  | 40         | 1,86                                    | 468                             |
|         | 14h45-14h49  | 50         | 2,80                                    | <b>703</b>                      |
| 7.02.09 | 8h00-8h04    | 20         | 0,00                                    | 0,00                            |
|         | 10h00-10h02  | 50         | 2,80                                    | <b>703</b>                      |



Verifica-se que alguns valores obtidos para a potência térmica excedem o valor máximo admitido segundo a aproximação que é de 450.000 kcal/h, isto é 523kJ/s, com base na aproximação do programa térmico ministrado pelo fornecedor.

Tabela 4.1.5. Quantidade de calor necessária para obedecer as condições de trabalho para os três maiores picos de consumo de 9 a 12 de Fevereiro de 2009

| Dia      | Solicitações | $T_i (^{\circ}C)$ | $\dot{m}_q \left( \frac{kg}{s} \right)$ | $\dot{q} \left( \frac{kJ}{s} \right)$ |
|----------|--------------|-------------------|---|---------------------------------------|
| 9.02.09  | 8h30-8h32    | 20                | 0,00                                    | -                                     |
|          | 9h20-9h23    | 50                | 2,80                                    | <b>703</b>                            |
|          | 16h36-16h41  | 50                | 2,80                                    | <b>703</b>                            |
| 10.02.09 | 7h30-7h35    | 35                | 1,40                                    | 351                                   |
|          | 12h30-12h34  | 20                | 0,00                                    | -                                     |
|          | 13h21-13h26  | 60                | 3,74                                    | <b>939</b>                            |
| 11.02.09 | 11h30-11h34  | 60                | 3,74                                    | <b>939</b>                            |
|          | 11h48-11h54  | 40                | 1,86                                    | 468                                   |
|          | 14h43-14h50  | 40                | 1,86                                    | 468                                   |
| 12.02.09 | 10h00-10h05  | 30                | 0,93                                    | 234                                   |
|          | 15h34-15h42  | 40                | 1,86                                    | 468                                   |
|          | 16h50-17h00  | 20                | 0,00                                    | -                                     |

Por análise da tabela 4.1.5, verifica-se que o valor da aproximação da potência térmica máxima para algumas solicitações excede o valor de 450.000 kcal/h, isto é 523kJ/s, com base no programa térmico ministrado pelo fornecedor.

Assim, é conveniente prever a necessidade de actuar no sentido de garantir que o permutador responda às solicitações de picos de consumo de água quente.

Para adaptar o permutador de placas a valores elevados de potência térmica, de modo a que exista capacidade de resposta por parte do mesmo, fazem-se as seguintes sugestões:

- ⇒ Aumentar o número de placas de modo a aumentar a área de superfície de transferência de calor. Após estudo e algumas considerações a área de transferência de calor ideal será 4,5m<sup>2</sup>, correspondente a 40 placas. O inconveniente do aumento do número de placas está essencialmente no aumento da perda de carga.
- ⇒ Aumentar a pressão manométrica de vapor para 7 bar o que conduz a uma potência térmica possível de 758kJ/s, melhorando o valor obtido para 3 bar que era de 523kJ/s. No entanto, não cobre o valor obtido para o pico de maior consumo que é de 939kJ/s, não sendo portanto a melhor solução a adoptar pela empresa.

A utilização dum solução mista, aumento da área de transferência de calor e aumento da pressão de vapor, será o mais adequado.

## 4.2. Recurtume Compacto

Com o objectivo de poupança de energia, água e tempo de operação foi investigado e desenvolvido um processo de recurtume compacto a utilizar na tinturaria nos casos em que tal for possível.

As estratégias de optimização adoptadas para este processo foram as seguintes:

- ⇒ Energia térmica: diminuição do número de banhos;
- ⇒ Energia eléctrica: tempo de operação menor do que o vulgarmente usado num processo normal;
- ⇒ Água: recurso ao mínimo de banhos com a menor quantidade de água possível;
- ⇒ Tempo de operação: processo compacto e só possuidor de uma lavagem final;
- ⇒ Produtos químicos: diminuição das quantidades utilizadas para o procedimento normal em vários banhos,
- ⇒ Tendo como objectivo, quando da pele em *crust*, que esta obedeça aos seguintes requisitos normalmente exigidos:
  - ⇒ Coloração superficial e/ou atravessada;
  - ⇒ Fixação do corante;
  - ⇒ Firmeza da flor do couro;
  - ⇒ Toque adequado ao pretendido;
  - ⇒ Resistência ao rasgamento e ao estalamento.

Para tal fizeram-se alguns ensaios que se descrevem seguidamente.

### 4.2.1. Ensaio I

O ensaio I foi realizado no dia 1.06.09, em duas meias peles, com o peso aproximado de 8 kg.

Tabela 4.2.1. Protocolo do ensaio I

| Operação                | % Relativa à massa de pele | Produto                | Temp <sup>a</sup> (°C) | Tempo (min) | Controlo |
|-------------------------|----------------------------|------------------------|------------------------|-------------|----------|
| Lavar                   | 300                        | Água                   | 40                     | 15          | pH=3,8   |
|                         | 0,2                        | <i>Indiwet</i> SN      |                        |             |          |
| <b>Despejar o Banho</b> |                            |                        |                        |             |          |
| Neutralizar             | 50                         | Água                   | 40                     | 30          | pH=5     |
|                         | 1                          | Formiato de Sódio      |                        |             |          |
|                         | 0,5                        | Bicarbonato de Sódio   |                        |             |          |
|                         | 2                          | <i>Sellazol</i> NG liq |                        |             |          |
| Recurtir                | 4                          | <i>Fortan</i> A40      |                        | 15          |          |
| Recurtir e Tingir       | 4                          | Extracto Mimosa        |                        | 90          |          |
|                         | 2                          | Extracto Gambier       |                        |             |          |
|                         | 3                          | <i>Fortan</i> DC       |                        |             |          |
|                         | 2                          | <i>Tamol</i> NF        |                        |             |          |
|                         | 3                          | Preto FTR              |                        |             |          |
| Fixar                   | 150                        | Água                   | 70                     | 30          | pH=4,8   |
|                         | 0,5                        | Ácido Fórmico          |                        |             |          |
| Engordurar              | 8                          | Mistura gorduras       | 70                     | 45          |          |
| Fixar                   | 0,25                       | Ácido Fórmico          |                        | 15          |          |
| Fixar                   | 0,50                       | Ácido Fórmico          |                        | 30          | pH=3,8   |
| <b>Despejar o Banho</b> |                            |                        |                        |             |          |
| Lavar                   | 300                        | Água                   | Amb.                   | 10          |          |

Retirar a pele, Estirar, Secar a vácuo e ao ambiente, Amaciar

#### 4.2.1.1. Descrição do processo

**Lavar:** Utilizou-se água e molhante para garantir uma boa hidratação da pele;

**Neutralizar:** Utilização de Formiato de Sódio, Bicarbonato de Sódio e solução tampão *Sellazol* NG, de modo a garantir que o pH seja próximo de 5, permitindo assim a difusão dos produtos adicionados nos tratamentos posteriores. O ajuste do pH é de extrema importância e deve ser garantido através da espessura da pele pelo que deve ser controlado o corte da pele com o indicador *verde de bromocresol*, que deve adquirir uma cor verde - azulada característica do pH na gama de 4,5-6;

**Recurtir:** Utilização de resinas, *Fortan* A40 e *Fortan* DC que têm a particularidade de se fixarem selectivamente nas zonas em que a estrutura fibrosa da pele se encontra mais relaxada, nomeadamente a barriga. A aplicação de extractos vegetais, Mimosa e Gambier,

no recurtume tem como finalidade aumentar a firmeza da flor, promover um toque cheio e um tacto agradável. Também foi empregue um dispersante, *Tamol* NF, com a finalidade de ajudar à penetração e dispersão destes agentes de recurtume;

**Tingir:** Foi utilizado um corante, Preto FTR, adicionado nesta fase para garantir a sua penetração;

**Engorduramento:** Mistura de gorduras naturais e sintéticas de modo a garantir um toque macio e suave, proporcionado essencialmente pelas gorduras naturais, e uma boa penetração do engorduramento nos espaços interfibrilares facultado essencialmente pelas gorduras sintéticas. A sinergia entre estes dois tipos de gorduras proporciona um bom engorduramento;

**Fixar:** A utilização de ácido fórmico promove uma redução do pH contribuindo para a fixação do corante, dos produtos de recurtume e do engorduramento;

É efectuada uma lavagem final de modo a remover todos os produtos em excesso da pele.

#### 4.2.1.2. Resultados Obtidos

A tabela seguinte apresentará os resultados obtidos no ensaio I

Tabela 4.2.2. Resultados obtidos no ensaio I

| Aspectos positivos                          | Aspectos a melhorar                       |
|---|---|
| ⇒ Firmeza da flor da pele                   | ⇒ Penetração deficiente do corante        |
| ⇒ Uniformidade da cor à superfície do couro | ⇒ Engorduramento bom, mas não suficiente* |

\*Esta atribuição tem muito haver com o produto final pretendido

Com o objectivo de melhorar todos os aspectos menos favoráveis obtidos no ensaio I, foi efectuado um segundo ensaio com algumas alterações relativamente ao primeiro ensaio.

#### 4.2.2. Ensaio II

Foi realizado no dia 4.06.09, em duas meias peles com o peso aproximado de 7 kg.

Tabela 4.2.3. Protocolo do ensaio II

| Operação                | % Relativa à massa de pele        | Produto   | Temp <sup>a</sup> (°C) | Tempo (min) | Controlo |
|-------------------------|-----------------------------------|---|------------------------|-------------|----------|
| Lavar                   | 300<br>0,2                        | Água<br><i>Indiwet</i> SN   | 40                     | 15          | pH=3,8   |
| <b>Despejar o Banho</b> |                                   |   |                        |             |          |
| Neutralizar             | <b>25</b><br>1<br>0,5<br><b>3</b> | Água<br>Formiato de Sódio<br>Bicarbonato de Sódio<br><i>Sellazol</i> NG liq | 40                     | 30          | pH=5     |
| Recurtir e Engordurar   | 4<br><b>1</b>                     | <i>Fortan</i> A40<br><b>Mistura gorduras</b>                                |                        |             |          |
| Recurtir                | <b>5</b><br>3<br><b>1</b>         | Extracto Mimosa<br><i>Fortan</i> DC<br><i>Tamol</i> NF                      |                        | <b>15</b>   |          |
| Tingir                  | <b>3</b><br><b>1</b>              | <b>Preto FTR</b><br><b>Tamol NF</b>   |                        | <b>75</b>   |          |
| <b>Tingir</b>           | <b>1</b><br><b>0,5</b>            | <b>Preto FTR</b><br><b>Tamol NF</b>   |                        | <b>60</b>   |          |
|                         | 150                               | Água  | 70                     | <b>5</b>    |          |
| Engordurar              | 8                                 | Mistura gorduras  | 70                     | 45          |          |
| Fixar                   | <b>0,5</b>                        | Ácido Fórmico   |                        | 15          |          |
| Fixar                   | <b>1</b>                          | Ácido Fórmico   |                        | 30          | pH=4     |
| <b>Fixar</b>            | <b>1</b>                          | <b>Ácido Fórmico</b>  |                        | <b>30</b>   | pH=3,5   |
| <b>Despejar Banho</b>   |                                   |   |                        |             |          |
| Lavar                   | 300                               | Água  | Amb.                   | 10          |          |

Retirar a pele, Estirar, Secar a vácuo e ao ambiente, Amaciar

**Legenda:**


Alterações relativas ao ensaio I

Alterações durante a execução do ensaio II

#### 4.2.2.1. Alterações no ensaio II relativamente ao ensaio I

**Neutralização:** Diminuição da quantidade de água adicionada de modo a proporcionar uma melhor penetração do corante. Foi adicionado mais 1% da solução tampão, *Sellasol* NG para acelerar a neutralização;

**Recurtir e Engordurar:** Logo após a adição da resina acrílica, *Fortan* A40, foi adicionado já 1% de mistura de gorduras de modo a proporcionar um maior amaciamento e suavidade da pele. Foi adicionado mais 1% de tanino vegetal de Mimosa, pois foi eliminado o extracto de Gambier. Foi adicionado 1% do dispersante, *Tamol* NF, antes da adição do corante de modo a provocar uma melhor penetração dos agentes de recurtume. O corante foi adicionado 15 minutos após a adição dos agentes de recurtume;

**Tingir:** Juntamente com o corante foi adicionado 1% de *Tamol* NF de modo a dispersar e facilitar a penetração, não só dos agentes de recurtume, mas essencialmente o corante;

**Fixar:** Foi adicionado uma maior percentagem de ácido fórmico de modo a compensar a maior adição de *Tamol* NF, que apresenta uma natureza alcalina.

#### 4.2.2.2. Medidas tomadas durante o processo

- ⇒ Como a penetração do corante ainda não tinha sido conseguida, foi adicionado mais 1% de Preto FTR e 1% *Tamol* NF, e o fulão rodou mais 60 minutos;
- ⇒ Uma vez que o valor do pH ainda não era 3,5 foi adicionado mais 1% de Ácido Fórmico e o fulão rodou mais 30 minutos, para que a fixação aconteça nas melhores condições.

#### 4.2.2.3. Resultados Obtidos

A tabela seguinte apresenta os resultados obtidos no ensaio II

Tabela 4.2.4. Resultados obtidos no ensaio II

| Aspectos positivos                                       | Aspectos a melhorar                                  |
|--|--|
| ⇒ Firmeza da flor da pele                                |  |
| ⇒ Uniformidade da cor à superfície do couro              | ⇒ Penetração do corante só em algumas partes da pele |
| ⇒ Bom engorduramento garantido pelo toque macio do couro |  |

Na tentativa de tentar ultrapassar o problema principal, uma insuficiente penetração do corante, foi realizado um terceiro ensaio.

### 4.2.3. Ensaio III

O ensaio III foi realizado no dia 17.06.09, em duas meias peles, com um peso aproximado de 8 kg.

Seguidamente será apresentado todo o protocolo projectado de modo a ultrapassar o problema da penetração do corante.

Tabela 4.2.5. Protocolo do ensaio III

| Operação                | % Relativa à massa de pele | Produto  | Temp <sup>a</sup> (°C) | Tempo (min) | Controlo |
|-------------------------|----------------------------|--|------------------------|-------------|----------|
| Lavar                   | 300<br>0,2                 | Água<br><i>Indiwet SN</i>                                      | 30                     | 15          | pH=3,8   |
| <b>Despejar Banho</b>   |                            |  |                        |             |          |
| Neutralizar             | 25<br><b>2</b><br><b>4</b> | Água<br>Formiato de Sódio<br><i>Sellasol NG liq</i>            | <b>Amb.</b>            | 30          | pH=5     |
| Recurtir e Engordurar   | 4<br><b>2</b>              | <i>Fortan A40</i><br>Mistura gorduras                          |                        | 15          |          |
| Recurtir                | 5<br>3<br>1                | Extracto Mimosa<br><i>Fortan DC</i><br><b><i>Indítan F</i></b> |                        | 15          |          |
| Tingir                  | <b>4</b><br>1              | Preto FTR<br><b><i>Indítan F</i></b>                           |                        | 75          |          |
| <b>Tingir</b>           | <b>1</b><br><b>1</b>       | <b>Preto FTR</b><br><b>Amoníaco</b>                            |                        | <b>90</b>   |          |
| Fixar                   | 150                        | Água   | 70                     | 5           |          |
| Engordurar              | 8                          | Mistura gorduras   | 70                     | 45          |          |
| Fixar                   | 0,5                        | Ácido Fórmico  |                        | 15          |          |
| Fixar                   | <b>1,5</b>                 | Ácido Fórmico  |                        | 30          | pH=4,2   |
| Fixar                   | <b>1</b>                   | <b>Ácido Fórmico</b>   |                        | 30          | pH=3,5   |
| <b>Despejar o Banho</b> |                            |  |                        |             |          |
| Lavar                   | 300                        | Água   | Amb.                   | 10          |          |

Retirar a pele, Estirar, Secar a vácuo e ao ambiente, Amaciar.

### Legenda:

|  |   |
|--|---|
| <hr style="border: 1px solid green;"/> | Alterações relativas ao ensaio II           |
| <hr style="border: 1px solid red;"/>   | Alterações durante a execução do ensaio III |

#### 4.2.3.1. Alterações relativamente ao ensaio II

**Neutralização:** Com o objectivo de conseguir a penetração do corante, recorreu-se a volumes de banho reduzidos e temperaturas baixas (20 - 30°C) e aumentou-se o *Sellasol* NG em mais 1%;

**Recurtir e Engordurar:** Foi utilizado um dispersante mais activo que *Tamol* NF, o *Inditan* F.

**Tingir:** Utilizou-se 4% do corante de uma só vez;

**Fixar:** Foi adicionado uma maior percentagem de ácido fórmico, pois o carácter alcalino do banho era mais elevado do que no ensaio II.

#### 4.2.3.2. Medidas tomadas durante o processo

- ⇒ Como a penetração do corante ainda não tinha sido conseguida, foi adicionado mais 1% de Preto FTR e 1% de amoníaco e rodou 90 minutos. O amoníaco é muito usado quando existem problemas de penetração do corante; no entanto apresenta algumas desvantagens como a abertura da flor da pele e também no tratamento das águas residuais;
- ⇒ Uma vez que o pH não era 3,5, para garantir uma boa fixação foi adicionado mais 1% de ácido fórmico e o fulão rodou mais 30 minutos.

#### 4.2.3.3. Resultados Obtidos

A tabela seguinte apresenta os resultados obtidos no ensaio III

Tabela 4.2.6. Resultados obtidos no ensaio III

| Aspectos positivos                                       | Aspectos a melhorar |
|--|---------------------|
| ⇒ Firmeza da flor da pele                                |                     |
| ⇒ Uniformidade da cor à superfície do couro              |                     |
| ⇒ Bom engorduramento garantido pelo toque macio do couro |                     |
| ⇒ Penetração do corante foi conseguida                   |                     |



Foram tiradas amostras das peles utilizadas nos ensaios de recurtume compacto para avaliação da sua resistência físico -mecânica, nomeadamente no que respeita ao teste de rasgamento e de distensão da flor. Estes ensaios foram realizados no CTIC – Centro Tecnológico das Indústrias do Couro. A tabela seguinte apresenta os resultados obtidos.

Tabela 4.2.7. Resultados dos ensaios de recurtume compacto

| Ensaio     | Rasgamento (N) | Distensão (mm) | Carga na Distensão (N) |
|------------|----------------|----------------|------------------------|
| Ensaio I   | 75,0           | 7,66           | 164,3                  |
| Ensaio II  | 104,4          | 7,67           | 189,3                  |
| Ensaio III | 147,5          | 8,63           | 334,2                  |

Os valores normalmente exigidos para calçado são: Rasgamento: 120 N; Distensão: 7,00 mm; Carga na distensão: 196 N.

A tabela 4.2.7 mostra uma evolução do ensaio I para o ensaio III em que o ensaio I não cumpre qualquer um dos valores normalmente exigidos e o ensaio III cumpre todos os valores normalmente exigidos

#### 4.2.4. Processo normal utilizado na empresa

Para efeitos de comparação do processo desenvolvido, foi considerado o seguinte processo, normalmente utilizado na empresa.

Tabela 4.2.8. Protocolo habitual da empresa *Curtumes Aveneda, Lda*

| Operação              | %   | Produto           | Temp <sup>a</sup> (°C) | Tempo (min) |
|-----------------------|-----|-------------------|------------------------|-------------|
| Lavar                 | 200 | Água              | 40                     | 90          |
|                       | 1   | SN                |                        |             |
|                       | 0,5 | <i>Trilow</i> LB  |                        |             |
| Lavar                 | 0,5 | <i>Tecnotan</i> P |                        | 30          |
| <b>Despejar Banho</b> |     |                   |                        |             |
| Lavar                 | 150 | Água              | 35                     | 10          |
| <b>Despejar Banho</b> |     |                   |                        |             |

|                         |     |                  |      |     |
|-------------------------|-----|------------------|------|-----|
|                         | 150 | Água             | 35   |     |
| Neutralizar,            | 5   | WFN              |      |     |
| Recurtir e              | 3   | Sellasol NG liq  |      |     |
|                         | 1   | Tamol NF         |      |     |
| Engordurar              | 1   | LT303            |      |     |
|                         |     |                  |      | 60  |
| Recurtir                | 4   | Fortan DC        |      | 30  |
| Recurtir                | 4   | Neoblinder M     |      | 30  |
|                         | 7   | Extracto Mimosa  |      |     |
|                         | 3   | TARA             |      |     |
|                         | 3   | Secitan 2A       |      |     |
| Recurtir e              | 2   | Sellasol NG liq  |      |     |
|                         | 10  | Seletan RLS liq  |      |     |
| Tingir                  | 1   | Bissulfito Sódio |      |     |
|                         | 1   | LT 303           |      |     |
|                         | 3   | Preto FTR        |      |     |
|                         | 3   | Preto FT         |      |     |
|                         |     |                  |      | 180 |
| <b>Despejar o Banho</b> |     |                  |      |     |
|                         | 100 | Água             | 80   |     |
|                         | 6   | H140             |      |     |
| Engordurar              | 2   | A1               |      |     |
|                         | 1   | Tensioactivo L.S |      |     |
|                         |     |                  |      | 60  |
| Recurtir                | 4   | Magnopal SFT liq |      | 30  |
| Fixar                   | 2   | Ácido Fórmico    |      | 30  |
| Fixar                   | 2   | Ácido Fórmico    |      | 60  |
| <b>Despejar o Banho</b> |     |                  |      |     |
|                         | 100 | Água             | 50   |     |
| Fixar                   | 1   | Ácido Fórmico    |      |     |
|                         |     |                  |      | 40  |
| <b>Despejar o Banho</b> |     |                  |      |     |
| Lavar                   | 100 | Água             | Amb  | 10  |
|                         | 100 | Água             | Amb. |     |
|                         | 0,5 | Tecnotan P       |      | 5   |
|                         | 3   | Neobinder A5     |      |     |
| Fixar                   | 0,5 | Ácido Fórmico    |      | 15  |
| Lavar                   | 300 | Água             | Amb. | 10  |

#### 4.2.5. Viabilidade económica da utilização do recurtume compacto

A tabela seguinte apresenta as diferenças de consumos de água, energia e tempo de laboração do recurtume compacto (ensaio III) e do recurtume normal utilizado pela empresa, para uma partida com 8 kg:

Tabela 4.2.9. Estudo comparativo do recurtume compacto e do recurtume normal

|  | <b>Recurtume Compacto<br/>(Ensaio III)</b> | <b>Recurtume Normal</b> |
|--|--|-------------------------|
| Número de Banhos Utilizados<br>(Incluindo lavagem final) | 4  | 6                       |
| Total de água utilizada (L)                              | 62   | 96                      |
| Tempo de laboração                                       | 6h15m                                      | 11h30m                  |
| Energia eléctrica (kWh)                                  | 110,0                                      | 202,4                   |
| Energia térmica despendida (kJ)                          | 3.453                                      | 5.766                   |

A figura 4.2.1 representa os custos que estão associados ao processo compacto e ao processo normal considerado, tendo como referência o número de peles recurtidas durante o ano 2008.

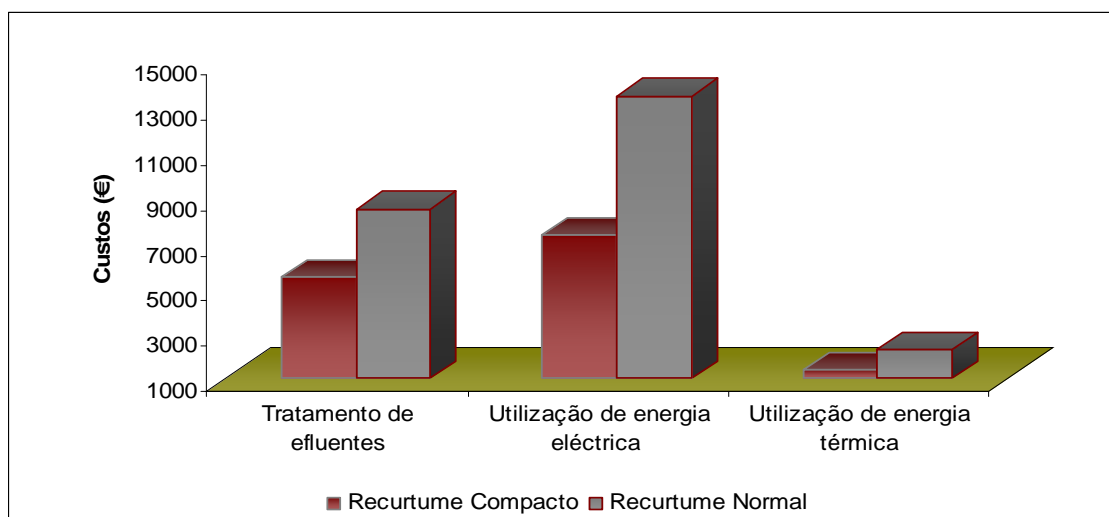


Figura 4.2.1. Comparação dos custos associados a um recurtume compacto e um recurtume normal

A redução dos custos anuais em termos de energia e tratamento de efluentes é apresentada na tabela seguinte:

Tabela 4.2.10. Poupança na utilização de um recurtume compacto

| <b>Despesas</b>         | <b>Poupança<br/>(€)/ano</b> |
|-------------------------|-----------------------------|
| Tratamento de efluentes | 2.998,76                    |
| Energia Eléctrica       | 6.157,05                    |
| Energia Térmica         | 904,00                      |
| <b>TOTAL</b>            | <b>10.059,81</b>            |

Como se pode verificar por análise da tabela 4.2.10 e da figura 4.2.1, a maior redução será a nível dos custos de energia eléctrica uma vez que o tempo de laboração é menor do que o usado num recurtume normal, seguida de poupança nas despesas do tratamento dos efluentes e por último dos custos da energia térmica.

### **4.3. Outras medidas energéticas**

Entre outras medidas de melhoria possíveis, consideraram-se as seguintes, ainda que de uma forma superficial:

- ⇒ Instalação de arrancadores progressivos nos fulões;
- ⇒ Optimização do sistema de aquecimento na estufa;
- ⇒ Optimização do funcionamento da caldeira.

#### **4.3.1. Instalação de arrancadores progressivos nos fulões**

O arrancador progressivo é utilizado como limitador de binário no arranque ou como unidade de arranque/paragem suave para motores.

A utilização de um arrancador progressivo, proporciona:

- ⇒ O aumento do desempenho do arranque dos motores;
- ⇒ Um arranque progressivo, controlado e sem esticões;
- ⇒ A supressão dos choques mecânicos causadores de desgaste, trabalhos de manutenção e do tempo de paragem da produção.

O arrancador progressivo limita o binário de arranque e os picos de corrente no arranque, nas máquinas que não necessitam de um binário elevado no arranque.

Aconselha-se a empresa a adoptar esta medida, nomeadamente para aplicação nos motores instalados nos fulões.

#### **4.3.2. Optimização do sistema de aquecimento na estufa**

Após o processo de tinturaria, o couro é submetido a uma operação de escorrimento e alisamento e então à secagem. A secagem é efectuada em duas fases: uma primeira fase por vácuo em máquina apropriada, entre 40 a 80°C, e posteriormente em estufa entre 30 e 35°C. Na empresa, a secagem na estufa consiste na utilização de um túnel aberto nas extremidades, que pode ser fabricado em madeira ou em metal, dentro do qual as peles contactam com ar seco e quente. O couro é pendurado num sistema de transporte que o faz circular no interior da estufa até secagem completa (cerca de 12-14% de humidade). O tempo de secagem é controlado pela velocidade do transportador. O fluxo de ar pode dar-se no sentido do transporte das peles ou em contra corrente, sendo o sistema em contra-

corrente o mais eficaz. A estufa, com cerca de 500 m<sup>2</sup>, tem no seu interior uma caldeira a gasóleo, quatro canais de circulação de ar, com aberturas, e dois desumidificadores (1800x1560x650mm) que distam da caldeira 8,3 m e 13,8 m.



Figura 4.3.1. Caldeira para aquecimento do na estufa



Figura 4.3.2. Desumidificador a 8,3 m da caldeira



Figura 4.3.3. Desumidificador a 13,8 m da caldeira

Uma avaliação do funcionamento da estufa permitiu concluir da possibilidade de se adoptarem algumas medidas para otimizar o seu funcionamento:

- ⇒ A adição de um termóstato para controlo da necessidade e tempo de funcionamento da caldeira. Regularizando não só as propriedades psicométricas do ar ambiente como a própria velocidade de secagem das peles assim como a racionalização de combustível;
- ⇒ Análise exaustiva do funcionamento dos desumidificadores e ajuste das variáveis a controlar;
- ⇒ Implementação de painéis solares para aquecimento do ar de secagem, eventualmente complementado quando necessário pela caldeira.

#### **4.3.3. Optimização da caldeira**

A caldeira da empresa *Curtumes Aveneda, Lda*, é uma caldeira pirotubular de tubos horizontais. As suas características serão seguidamente apresentadas:

Tabela 4.3.1. Características da caldeira piro-tubular da empresa *Curtumes Aveneda, Lda*

|   |                        |
|---|------------------------|
| Marca                                       | Luís Gonçalves & Irmão |
| Ano de Fabrico                              | 1990                   |
| Superfície de aquecimento (m <sup>2</sup> ) | 60                     |
| Combustível                                 | Nafta                  |
| Pressão máxima de serviço (bar)             | 10                     |
| Volume (m <sup>3</sup> )                    | 7,3                    |



Figura 4.3.4. Caldeira Piro-tubular da empresa *Curtumes Aveneda, Lda*

Para a determinação do rendimento da caldeira, foi aplicado o método indirecto ou método das perdas, uma vez não ser possível determinar alguns parâmetros para a aplicação do método directo. Foram considerados alguns parâmetros dos resultados obtidos nos testes semestrais de controlo da emissão de efluentes gasosos, efectuados pelo CTIC - Centro Tecnológico das Indústrias do Couro.

O método indirecto assume que o calor é transferido para o fluido de trabalho, neste caso a água, ou é perdido de alguma forma. De tal modo o rendimento da caldeira, pelo método indirecto poderá ser calculado através da seguinte equação:

$$\eta = 100\% - \sum \text{perdas}$$



Tabela 4.3.2. Perdas associadas ao funcionamento da caldeira

| <b>Perdas</b>                        | <b>%</b>    |
|--------------------------------------|-------------|
| Pelos gases da combustão             | 9,3         |
| Pela humidade dos gases de combustão | 1,4         |
| Por inqueimados                      | 0,08        |
| Por radiação e convecção             | 2,0         |
| Pelos fumos                          | 8,7         |
| Pelas purgas                         | 0,02        |
| Pelas cinzas volantes                | Desprezado  |
| Pelas cinzas de fundo                | Desprezado  |
| <b>TOTAL das perdas</b>              | <b>21,5</b> |

Contabilizando todas as perdas associadas no funcionamento da caldeira, conclui-se que o rendimento da caldeira é cerca de 78,5%, muito abaixo do que seria normal, cerca de 85 a 90%.

Algumas das acções que são necessárias para otimizar a eficiência da caldeira são as seguintes:

- ➔ Realização, por pessoas especializadas, de uma revisão e limpeza periódica da caldeira e dos queimadores, visto que uma acumulação dos depósitos produzidos pela combustão aumentam a temperatura de fumos da chaminé, produzindo perdas consideráveis de calor e conseqüente diminuição da eficiência. Como foi verificado através da análise da água da purga, a caldeira possui elevadas incrustações de calcário acumulado, sendo igualmente origem de perdas de calor pelo aumento da temperatura dos fumos;
- ➔ Rectificar o correcto isolamento da caldeira e de todas as tubagens de distribuição, válvulas e acoplamentos evitando perdas desnecessárias de calor;
- ➔ Analisar a correcta escolha do combustível usado e caso necessário estudar a possibilidade de substituir o tipo de combustível em função das características do processo e dos equipamentos disponíveis. De forma geral, a escolha de gás natural como o combustível a utilizar é a opção mais eficiente. O rendimento da caldeira de gás natural é superior ao de outras com as mesmas características mas diferentes combustíveis, reduzindo a emissão de CO<sub>2</sub> e de contaminantes como o SO<sub>2</sub>;

- Analisar a antiguidade da caldeira e a eficiência associada à tecnologia, e no caso de ser demasiado antiga, estudar a possibilidade de a modernizar ou substituir. Estudar a possibilidade de recuperar os gases de combustão através da inclusão de economizadores que permitam aquecer a água recuperando o calor desses gases.

## 5. Conclusão e Sugestões para trabalho futuro

O trabalho apresentado nesta tese teve como objectivo a optimização de recursos importantes como a energia e a água na empresa *Curtumes Aveneda, Lda*. A actividade desta empresa consiste na transformação da pele de bovino em couro, actividade com elevado consumo de água e também de energia.

Foi realizado um diagnóstico energético à empresa que teve como objectivo avaliar a quantidade de energia consumida em cada fase do processo para os três produtos mais fabricados e comparar o valor global obtido com o valor real das facturas de energia eléctrica e térmica.

A empresa não é consumidora intensiva de energia apresentando um consumo de cerca de 300 tep/ano, correspondente a um custo global na ordem dos 108.833,16€. Assim, a empresa não é obrigada a adoptar as medidas de Regulamento de Gestão do Consumo de Energia (RGCE); no entanto, não deixa de ser conveniente e necessário ter os devidos cuidados para utilizar a energia racionalmente.

Os resultados obtidos no diagnóstico energético e na avaliação do consumo de água apontam para a necessidade de actuar na tinturaria, além de proceder a outras medidas com o sentido de minimizar o consumo de água e energia. Assim, foram propostas as seguintes medidas:

- Implementação de um sistema de controlo na tinturaria de forma a diminuir o consumo de energia e água, e também a eliminar erros associados ao operador. Foi projectado um sistema de controlo e consultado um fornecedor do equipamento que apresentou um orçamento de 10.012,00 €. O sistema de controlo foi concebido de tal forma que permite a recuperação da energia da água de retorno, ao contrário do que vinha acontecendo. Para garantir o adequado funcionamento do sistema de controlo foi efectuado um estudo da capacidade de resposta do permutador de placas utilizado para manter a água do depósito de água quente à temperatura definida, tendo sido concluído que seria conveniente aumentar o número de placas de 25 para 40.
- Utilização de recurtumes compactos nos produtos em que tal for possível. Para tal foi desenvolvido um processo que se adapta a alguns dos produtos fabricados na empresa e que permite uma redução substancial do tempo de rotação dos fulões, da quantidade de água utilizada e da energia eléctrica e térmica necessária. Concluiu-se ser possível uma redução de 10.059,81 €/ano de energia eléctrica, 904,00 €/ano de energia térmica, e 962 m<sup>3</sup>/ano no consumo de água equivalendo a uma redução nos custos de tratamento de efluentes de cerca 2.998,76 €/ano.

- Como outras medidas, mas sem estudos com a profundidade necessária, sugeriu-se a instalação de arrancadores progressivos nos motores dos fulões de forma a minimizar o consumo de energia eléctrica, um controlo mais efectivo do funcionamento da caldeira a gásóleo para o aquecimento do ar na estufa, a instalação de painéis solares para aquecimento do ar na estufa, e a implementação das medidas necessárias para aumentar o rendimento da caldeira que, conforme calculado, é muito baixo na ordem de 78,5%.

Como sugestão para trabalho futuro aconselha-se o seguinte: estudo e adaptação do processo de recurtume aos vários produtos da empresa, e estudo pormenorizado das outras medidas de melhoria sugeridas.

## Referências bibliográficas

- [1] Sol, B, 1981. *Aux sources de la tannerie: Les débuts – cuir et préhistoire*, *Technicuir* n° 10, 15e année, Paris
- [2] Adzet, J. M. Química, 1985. *Técnica de teneria*, Romanyà/Valls, Barcelona
- [3] INETI – Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial, 2000. *Guia Técnico Sector dos Curtumes*, Lisboa
- [4] Manuais de apoio à cadeira Instrumentação e Controlo, 2006/2007, Instituto Superior de Engenharia do Porto
- [5] Johnson, C, 1990. Controlo de processos: Tecnologia da Instrumentação Fundação Calouste Gulbenkian
- [6] Gastar, C, 2004 Eficiência energética na Indústria. Adene - Cursos de utilização racional de energia
- [7] Geankoplis, J.C., 1993, *Transport Processes and Unit Operations*, Allyn and Bacon Inc., 3<sup>th</sup>ed.
- [8] [www.galpenenergia.com](http://www.galpenenergia.com) (acedido em 12 de Fevereiro de 2009)
- [9] Manuais de apoio à cadeira Fontes e Conversão de Energia, 2007/2008, Instituto Superior de Engenharia do Porto
- [10] Manual de Apoio à cadeira fenómenos de transferência, 2004, Escola Superior de Tecnológica e Gestão de Bragança
- Bayer, “Manuel Bayer pour L’ Industrie du Cuir”
- Basf, *Vadmécum para el técnico en curtición*
- Ferraz, A.A problemática da Indústria dos Curtumes – Universidade do Minho; 1997

Gerhard, J. Posibles falhas en el cuero y en su producción”; Lampertheim/ Alemanha, 1998

Gutterres, Mariliz. Tendência emergente da indústria do couro. Porto Alegre-RS

Gutterres, Mariliz. Balanço de massa nos processos de ribeira e curtimento. Porto Alegre-RS

Gutterres, Mariliz. Indústria do Couro- Análises químicas da pele e do banho nos processos de curtimento e ribeira. Porto Alegre-RS



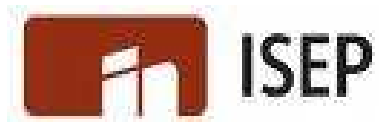


## OPTIMIZAÇÃO DE RECURSOS NUMA INDÚSTRIA DE CURTUMES - ANEXOS

Ana Catarina Lopes Dias

Julho de 2009





# Optimização de Recursos numa Industria de Curtumes (Anexos)

Ana Catarina Lopes Dias



**Orientador:**

Doutor António Alfredo Crispim Ribeiro

**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO**

MESTRADO EM ENGENHARIA QUÍMICA

RAMO OPTIMIZAÇÃO ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA QUÍMICA



# Optimização de Recursos numa Indústria de Curtumes (Anexos)

Ana Catarina Lopes Dias

Julho de 2009

Orientador: Doutor António Alfredo Crispim Ribeiro



## Índice

|   | <i>Página</i> |
|---|---------------|
| Índice de Tabelas   | iv            |
| Índice de Figuras   | vi            |
| Anexo A. Propriedades físicas da água líquida e do ar                                   | 1             |
| Anexo A.1. Propriedades da água líquida   | 1             |
| Anexo A.2. Propriedades do ar   | 2             |
| Anexo B. Resultados obtidos   | 4             |
| Anexo B.1. Determinação dos caudais do processo   | 4             |
| Anexo B.2. Diagnóstico energético   | 5             |
| Anexo B.2.1. Consumo específico real de nafta, gasóleo e energia eléctrica              | 5             |
| Anexo B.2.2. Pele <i>wet-salted</i> para <i>wet-blue</i>                                | 7             |
| Anexo B.2.3. Pele <i>wet-blue</i> para <i>crust</i>                                     | 12            |
| Anexo B.2.4. Pele <i>crust</i> para pele acabada  | 26            |
| Anexo B.3. Solicitações diárias de água no processo da ribeira                          | 34            |
| Anexo B.4. Solicitações diárias de água no processo do curtume                          | 35            |
| Anexo B.5. Solicitações diárias de água no processo da tinturaria                       | 37            |
| Anexo B.6. Resultados obtidos dos sólidos dissolvidos na água da purga e na alimentação | 53            |
| Anexo C. Exemplos de cálculo  | 54            |
| Anexo C.1. Diagnóstico energético   | 54            |
| Anexo C.2. Sistema de controlo  | 58            |
| Anexo C.3. Recurtume compacto   | 65            |
| Anexo C.4. Rendimento da caldeira   | 70            |
| Anexo D. Determinação dos sólidos dissolvidos na água da alimentação e na água da purga | 74            |
| Anexo E. Fichas Técnicas de equipamentos e dados fornecidos pela empresa                | 75            |
| Anexo E.1. Entradas de <i>wet-salted</i> no ano 2008                                    | 75            |
| Anexo E.2. Entradas de <i>wet-blue</i> no ano 2008                                      | 78            |
| Anexo E.3. Entradas de <i>crust</i> no ano 2008   | 80            |
| Anexo E.4. Vendas no ano 2008   | 81            |
| Anexo E.5. Ficha Técnica do permutador de placas  | 82            |
| Anexo E.6. Relatório realizado pelo CTIC dos gases de combustão da caldeira de nafta    | 83            |
| Anexo E.7. Orçamento sistema de controlo  | 85            |

## Índice de Tabelas

|              | <i>Página</i> |
|--------------|---------------|
| Tabela A.1.  | 1             |
| Tabela A.2.  | 2             |
| Tabela A.3.  | 2             |
| Tabela A.4.  | 3             |
| Tabela B.1.  | 4             |
| Tabela B.2.  | 5             |
| Tabela B.3.  | 5             |
| Tabela B.4.  | 6             |
| Tabela B.5.  | 7             |
| Tabela B.6.  | 7             |
| Tabela B.7.  | 9             |
| Tabela B.8.  | 9             |
| Tabela B.9.  | 9             |
| Tabela B.10. | 10            |
| Tabela B.11. | 12            |
| Tabela B.12. | 12            |
| Tabela B.13. | 12            |
| Tabela B.14. | 12            |
| Tabela B.15. | 13            |
| Tabela B.16. | 13            |
| Tabela B.17. | 13            |
| Tabela B.18. | 14            |
| Tabela B.19. | 14            |
| Tabela B.20. | 14            |
| Tabela B.21. | 18            |
| Tabela B.22. | 21            |
| Tabela B.23. | 23            |
| Tabela B.24. | 23            |
| Tabela B.25. | 23            |
| Tabela B.26. | 24            |
| Tabela B.27. | 24            |
| Tabela B.28. | 25            |
| Tabela B.29. | 25            |
| Tabela B.30. | 26            |
| Tabela B.31. | 26            |
| Tabela B.32. | 26            |
| Tabela B.33. | 27            |
| Tabela B.34. | 27            |
| Tabela B.35. | 27            |
| Tabela B.36. | 27            |
| Tabela B.37. | 28            |
| Tabela B.38. | 28            |
| Tabela B.39. | 29            |
| Tabela B.40. | 30            |
| Tabela B.41. | 30            |
| Tabela B.42. | 31            |

|              |  |    |
|--------------|--|----|
| Tabela B.43. | Entalpia de entrada e saída e energia térmica na estufa giratória, na entrada 2                                    | 31 |
| Tabela B.44. | Potência instalada na máquina de pregar  | 32 |
| Tabela B.45. | Procedimento do segundo processo da tinturaria do couro <i>Nubuck</i>  | 32 |
| Tabela B.46. | Solicitações de água no processo da ribeira no dia 6.02.09   | 34 |
| Tabela B.47. | Solicitações de água no processo da ribeira no dia 7.02.09   | 35 |
| Tabela B.48. | Solicitações de água no processo da ribeira no dia 9.02.09   | 35 |
| Tabela B.49. | Consumo total de água no processo da ribeira do dia 6 ao dia 9 de Fevereiro de 2009                                | 35 |
| Tabela B.50. | Solicitações de água no processo do curtume no dia 9.02.09   | 36 |
| Tabela B.51. | Solicitações de água no processo do curtume no dia 11.02.09  | 36 |
| Tabela B.52. | Solicitações de água no processo do curtume no dia 12.02.09  | 37 |
| Tabela B.53. | Consumo total de água no processo do curtume do dia 9 ao dia 12 de Fevereiro de 2009                               | 37 |
| Tabela B.54. | Solicitações de água no processo da tinturaria no dia 3.02.09  | 38 |
| Tabela B.55. | Solicitações de água no processo da tinturaria no dia 4.02.09  | 39 |
| Tabela B.56. | Solicitações de água no processo da tinturaria no dia 5.02.09  | 41 |
| Tabela B.57. | Solicitações de água no processo da tinturaria no dia 6.2.09   | 44 |
| Tabela B.58. | Solicitações de água no processo da tinturaria no dia 7.02.09  | 46 |
| Tabela B.59. | Solicitações de água no processo da tinturaria no dia 9.02.09  | 46 |
| Tabela B.60. | Solicitações de água no processo da tinturaria no dia 10.02.09   | 47 |
| Tabela B.61. | Solicitações de água no processo da tinturaria no dia 11.02.09   | 50 |
| Tabela B.62. | Solicitações de água no processo da tinturaria no dia 12.02.09   | 51 |
| Tabela B.63. | Consumo total de água no processo da tinturaria do dia 3 ao dia 9 de Fevereiro                                     | 52 |
| Tabela B.64. | Quantidade de sólidos dissolvidos na água da purga   | 53 |
| Tabela B.65. | Quantidade de sólidos dissolvidos na água da alimentação   | 53 |
| Tabela C.1.  | Conversão de energia para toneladas equivalentes de petróleo (tep)   | 55 |
| Tabela C.2.  | Potência eléctrica instalada nos equipamentos constituintes da estufa de secagem                                   | 57 |
| Tabela C.3.  | Temperaturas, humidade relativa, humidade molar e humidade específica na entrada e saída do ar da estufa giratória | 58 |
| Tabela C.4.  | Programa térmico do permutador de placas   | 61 |
| Tabela C.5.  | Despesas económicas associadas aos tratamentos de efluentes  | 65 |

## Índice de Figuras

|   | <i>Página</i> |
|---|---------------|
| Figura. A.1. Curva da variação da massa específica da água com a temperatura, ajuste polinomial de 2 <sup>a</sup> Ordem | 1             |
| Figura. A.2. Curva da variação da massa específica da água com a temperatura, ajuste polinomial de 4 <sup>a</sup> Ordem | 2             |
| Figura. A.3. Curva da variação da massa específica da água com a temperatura, ajuste potência                           | 3             |
| Figura. A.4. Curva da capacidade calorífica específica do ar com a temperatura, ajuste potência                         | 3             |
| Figura. C.1. Dimensões das placas do permutador   | 62            |

## Anexo A. Propriedades físicas da água líquida e do ar

### Anexo A. 1. Propriedades da água líquida

Para obtenção das funções representativas da variação das propriedades físicas da água líquida e do ar com a temperatura, recorreu-se a valores tabelados destas propriedades [7] e fizeram-se ajustes lineares e polinomiais de diferentes ordens. Escolheu-se a função que permitisse obter a menor média dos erros ao longo da gama experimental de temperaturas.

Tabela A.1. Variação da massa específica,  $\rho(\text{kg/m}^3)$ , da água líquida com a temperatura

| T(°C) | $\rho(\text{kg/m}^3)$ | Linear  | Erro (%) | 2ª<br>Ordem | Erro (%) | 3ª<br>Ordem | Erro (%) |
|-------|-----------------------|---------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| 10    | 999,73                | 1004,03 | 0,4304   | 1000,13     | 0,0397   | 999,79      | 0,0063   |
| 20    | 998,23                | 999,37  | 0,1138   | 998,09      | 0,0136   | 998,17      | 0,0064   |
| 25    | 997,08                | 997,03  | 0,0048   | 996,83      | 0,0251   | 996,99      | 0,0092   |
| 30    | 995,68                | 994,70  | 0,0985   | 995,40      | 0,0280   | 995,58      | 0,0101   |
| 40    | 992,25                | 990,03  | 0,2235   | 992,05      | 0,0204   | 992,09      | 0,0159   |
| 50    | 988,07                | 985,37  | 0,2738   | 988,04      | 0,0035   | 987,77      | 0,0309   |
| 60    | 983,24                | 980,70  | 0,2585   | 983,36      | 0,0124   | 982,66      | 0,0592   |
| 70    | 977,81                | 976,03  | 0,1819   | 978,03      | 0,0224   | 976,83      | 0,1001   |
| 80    | 971,83                | 971,36  | 0,0480   | 972,04      | 0,0212   | 970,34      | 0,1529   |
| 90    | 965,34                | 966,70  | 0,1406   | 965,38      | 0,0045   | 963,26      | 0,2158   |
| 100   | 958,36                | 962,03  | 0,3829   | 958,07      | 0,0303   | 955,63      | 0,2849   |
|       |                       |         | 0,1961   |             |          | 0,0201      | 0,0811   |

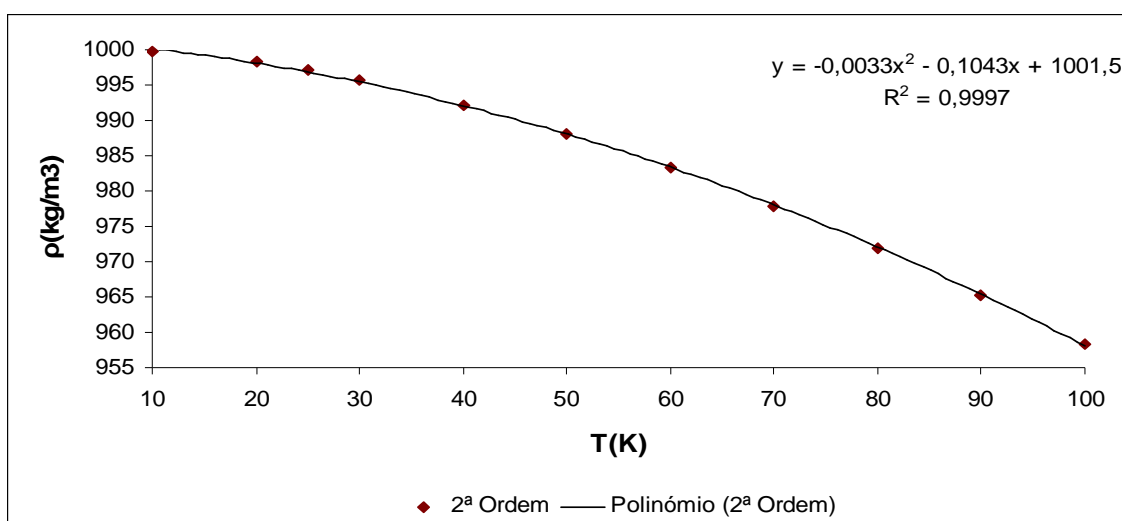


Figura. A.1. Curva da variação da massa específica da água com a temperatura, ajuste polinomial de 2ª Ordem



Tabela A.2. Capacidade calorífica,  $C_p$ (kJ/(kg.K)), da água líquida com a temperatura

| T(°C) | $C_p$<br>(kJ/(kg.K)) | 2ª<br>Ordem | Erro(%) | 3ª<br>Ordem | Erro(%)       | 4ª<br>Ordem | Erro(%) |
|-------|----------------------|-------------|---------|-------------|---------------|-------------|---------|
| 10    | 4,195                | 4,192       | 0,0787  | 4,194       | 0,0580        | 4,194       | 0,0021  |
| 20    | 4,185                | 4,186       | 0,0167  | 4,186       | 0,0014        | 4,183       | 0,0626  |
| 25    | 4,182                | 4,183       | 0,0347  | 4,183       | 0,0202        | 4,179       | 0,0762  |
| 30    | 4,181                | 4,182       | 0,0167  | 4,180       | 0,0332        | 4,177       | 0,0835  |
| 40    | 4,181                | 4,180       | 0,0311  | 4,178       | 0,0474        | 4,174       | 0,0934  |
| 50    | 4,183                | 4,180       | 0,0789  | 4,177       | 0,0538        | 4,173       | 0,1137  |
| 60    | 4,187                | 4,182       | 0,1266  | 4,179       | 0,0627        | 4,173       | 0,1546  |
| 70    | 4,192                | 4,186       | 0,1503  | 4,182       | 0,0839        | 4,173       | 0,2145  |
| 80    | 4,199                | 4,192       | 0,1739  | 4,186       | 0,1274        | 4,175       | 0,2804  |
| 90    | 4,208                | 4,200       | 0,1972  | 4,191       | 0,2031        | 4,177       | 0,3281  |
| 100   | 4,219                | 4,210       | 0,2204  | 4,196       | 0,3207        | 4,183       | 0,3217  |
|       |                      |             | 0,1023  |             | <b>0,0920</b> |             | 0,1573  |

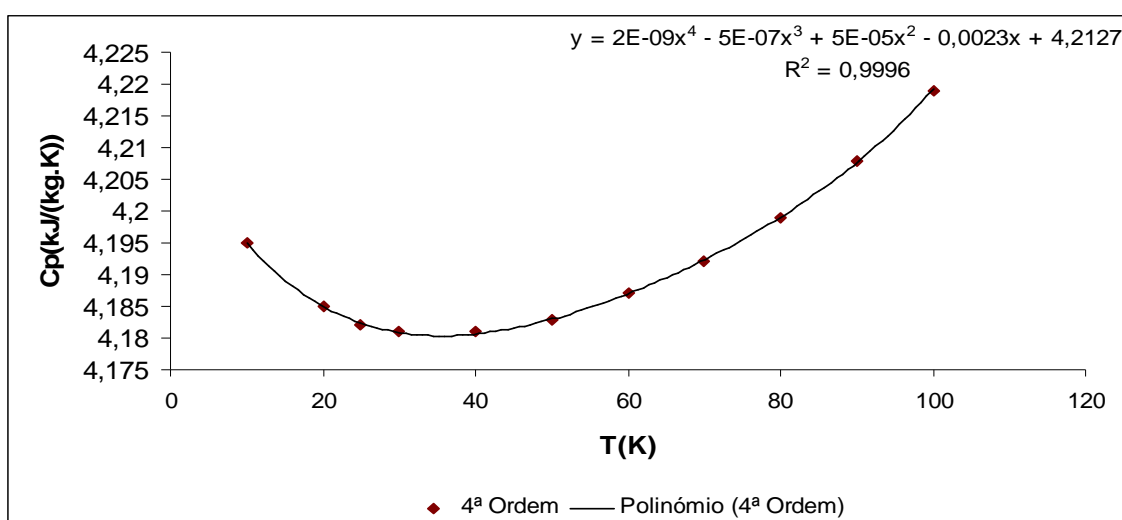


Figura. A.2. Curva da variação da massa específica da água com a temperatura, ajuste polinomial de 4ª Ordem

## Anexo A.2. Propriedades do ar

 Tabela A.3. Variação da massa específica,  $\rho$ (kg/m³), do ar com a temperatura

| T(°C) | T(K)  | $\rho$ (kg/m³) | 2ª<br>Ordem | Erro (%) | 3ª<br>Ordem | Erro (%) | Potência | Erro (%)      |
|-------|-------|----------------|-------------|----------|-------------|----------|----------|---------------|
| -17,8 | 255,4 | 1,379          | 1,335       | 3,2027   | 1,583       | 14,8284  | 1,382    | 0,2113        |
| 0     | 273,2 | 1,293          | 1,256       | 2,8608   | 1,524       | 17,8750  | 1,292    | 0,0713        |
| 10    | 283,2 | 1,246          | 1,213       | 2,6169   | 1,495       | 19,9520  | 1,247    | 0,0447        |
| 37,8  | 311   | 1,137          | 1,101       | 3,1464   | 1,426       | 25,4024  | 1,135    | 0,1431        |
| 65,6  | 338,8 | 1,043          | 0,998       | 4,2826   | 1,375       | 31,7907  | 1,042    | 0,0560        |
| 93,3  | 366,5 | 0,964          | 0,905       | 6,1169   | 1,338       | 38,8367  | 0,964    | 0,0203        |
| 121,1 | 394,3 | 0,895          | 0,821       | 8,3067   | 1,314       | 46,8624  | 0,896    | 0,1120        |
| 148,9 | 422,1 | 0,838          | 0,746       | 11,0322  | 1,300       | 55,1616  | 0,837    | 0,1048        |
| 176,7 | 449,9 | 0,785          | 0,680       | 13,4115  | 1,293       | 64,7535  | 0,786    | 0,0649        |
| 204,4 | 477,6 | 0,74           | 0,623       | 15,7634  | 1,291       | 74,4628  | 0,740    | 0,0072        |
| 232,2 | 505,4 | 0,7            | 0,576       | 17,7093  | 1,291       | 84,3996  | 0,699    | 0,0804        |
| 260   | 533,2 | 0,662          | 0,538       | 18,7321  | 1,290       | 94,8743  | 0,663    | 0,1588        |
|       |       |                |             | 8,9318   |             | 47,4333  |          | <b>0,0896</b> |

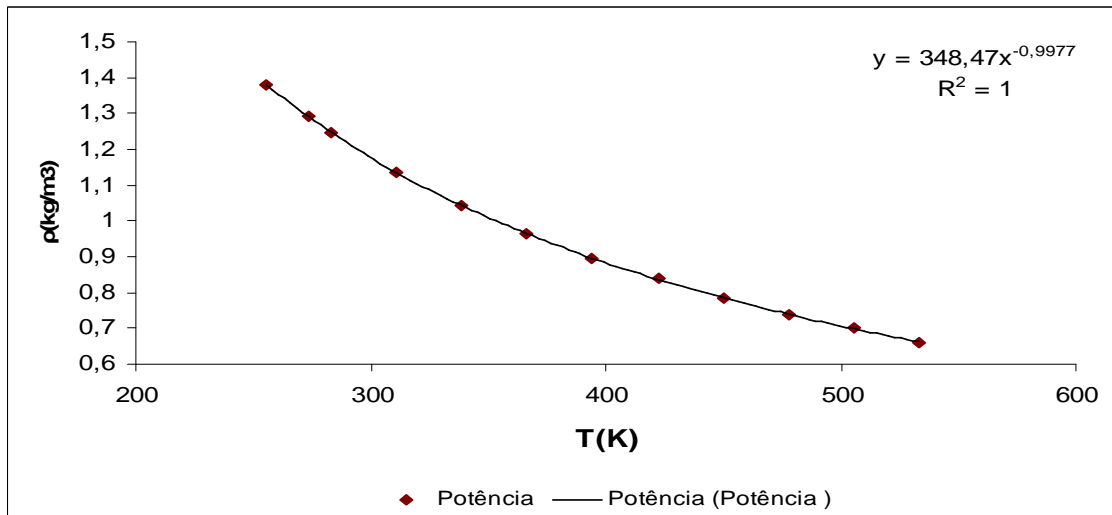


Figura A.3. Curva da variação da massa específica da água com a temperatura, ajuste potência

Tabela A.4. Capacidade calorífica,  $C_p$ (kJ/(kg.K)), do ar com a temperatura

| T(K)  | $C_p$ (J/kg.K) | 2ª<br>Ordem | Erro<br>(%) | 3ª<br>Ordem | Erro<br>(%) | Potência | Erro<br>(%) |
|-------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|-------------|
| 255,4 | 1004,8         | 1002,8      | 0,1999      | 1006,9      | 0,2042      | 999,6    | 0,0051      |
| 273,2 | 1004,8         | 1003,1      | 0,1657      | 1007,2      | 0,2387      | 1002,3   | 0,0025      |
| 283,2 | 1004,8         | 1003,4      | 0,1382      | 1007,7      | 0,2853      | 1003,7   | 0,0011      |
| 311   | 1004,8         | 1004,5      | 0,0305      | 1009,9      | 0,5127      | 1007,4   | 0,0026      |
| 338,8 | 1009           | 1006,0      | 0,2933      | 1013,6      | 0,4535      | 1010,8   | 0,0018      |
| 366,5 | 1009           | 1008,0      | 0,0948      | 1018,4      | 0,9308      | 1014,0   | 0,0049      |
| 394,3 | 1013,2         | 1010,5      | 0,2649      | 1024,3      | 1,0961      | 1016,9   | 0,0037      |
| 422,1 | 1017,4         | 1013,5      | 0,3880      | 1031,2      | 1,3538      | 1019,7   | 0,0022      |
| 449,9 | 1021,6         | 1016,9      | 0,4648      | 1038,9      | 1,6901      | 1022,2   | 0,0006      |
| 477,6 | 1025,8         | 1020,7      | 0,4971      | 1047,2      | 2,0885      | 1024,7   | 0,0011      |
| 505,4 | 1030           | 1025,0      | 0,4829      | 1056,1      | 2,5415      | 1026,9   | 0,0030      |
| 533,2 | 1034,1         | 1029,8      | 0,4143      | 1065,6      | 3,0433      | 1029,1   | 0,0048      |
|       |                |             | 0,2862      |             |             | 1,2032   | 0,0028      |

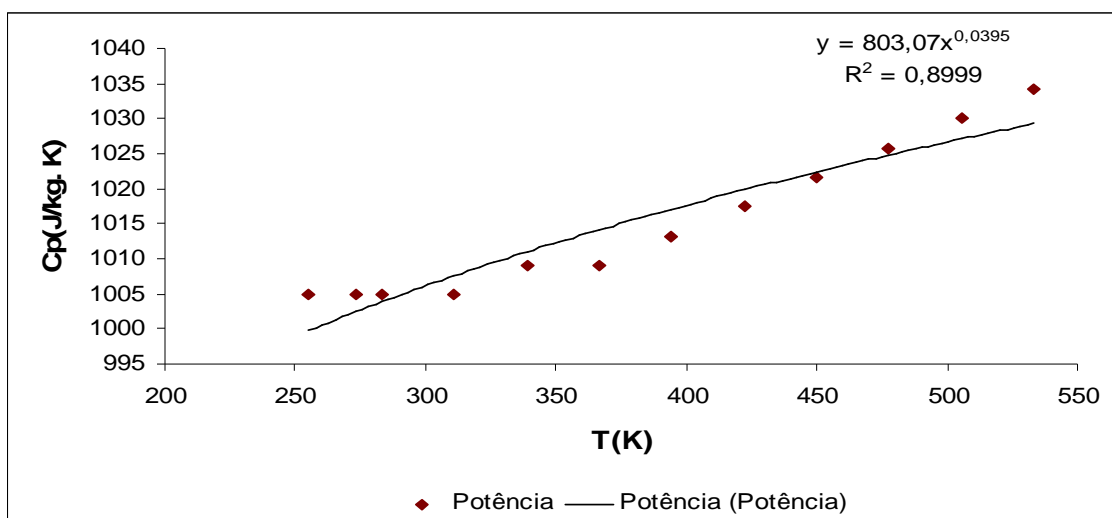


Figura A.4. Curva da capacidade calorífica específica do ar com a temperatura, ajuste potência

## Anexo B. Resultados obtidos

### Anexo B.1. Determinação dos caudais do processo

1. Utilizou-se um recipiente previamente tarado e, recolheu-se uma quantidade significativa de água num determinado intervalo de tempo;
2. Pesou-se o recipiente com a respectiva massa de água recolhida e registou-se o valor final;
3. Para a mesma posição efectuaram-se alguns ensaios.

Tabela B.1. Média dos caudais do processo da ribeira, curtume e tinturaria

|                                | Ribeira    | Curtume    | Tinturaria |
|--------------------------------|------------|------------|------------|
| T (°C)                         | 28         | 30         | 40         |
| Tempo decorrido (s)            | 16         | 13         | 21         |
| Peso do recipiente (kg)        | 121,5      | 125,5      | 123        |
| Caudal                         | 7,6        | 9,3        | 5,7        |
| T (°C)                         | 22         | 38         | 20         |
| Tempo decorrido (s)            | 74         | 14         | 20         |
| Peso do recipiente (kg)        | 120,5      | 125,5      | 117        |
| Caudal                         | 1,6        | 8,7        | 5,6        |
| T (°C)                         | 28         | 30         | 30         |
| Tempo decorrido (s)            | 17         | 14         | 17         |
| Peso do recipiente (kg)        | 119        | 108,1      | 103        |
| Caudal                         | 7,4        | 9,0        | 5,8        |
| T (°C)                         | 22         |            | 50         |
| Tempo decorrido (s)            | 72         |            | 15         |
| Peso do recipiente (kg)        | 124,5      |            | 84         |
| Caudal                         | 1,7        |            | 5,3        |
| T (°C)                         | 28         |            | 40         |
| Tempo decorrido (s)            | 14         |            | 20         |
| Peso do recipiente (kg)        | 99,1       |            | 125,5      |
| Caudal                         | 7,1        |            | 6,1        |
| T (°C)                         | 28         |            | 30         |
| Tempo decorrido (s)            | 74         |            | 24         |
| Peso do recipiente (kg)        | 122,2      |            | 125,5      |
| Caudal                         | 1,6        |            | 5,1        |
| <b>Média de Caudais (kg/s)</b> | <b>7,4</b> | <b>9,0</b> | <b>5,6</b> |
|                                | <b>1,6</b> |            |            |

Nota: Para o processo da Ribeira foi calculado para os dois caudais usados no processo,

## Anexo B.2. Diagnóstico energético

### Anexo B.2.1. Consumo específico real de nafta, gasóleo e energia eléctrica

Para determinação do consumo específico real à empresa, foi analisado as facturas referentes ao consumo de nafta, gasóleo de aquecimento da estufa de secagem e da energia eléctrica, durante o ano 2008

Tabela B.2. Consumo de nafta em 2008 em tonelada (ton) e em tonelada equivalente de petróleo (tep)

| Mês          | Consumo (ton) | Consumo (tep) |
|--------------|---------------|---------------|
| Janeiro      | 10,47         | 10,1          |
| Fevereiro    | 9,56          | 9,27          |
| Março        | 10,27         | 10,0          |
| Abril        | 10,79         | 10,5          |
| Mai          | 10,21         | 9,89          |
| Junho        | 9,96          | 9,65          |
| Julho        | 10,99         | 10,7          |
| Agosto       | 0,00          | 0,00          |
| Setembro     | 10,44         | 10,1          |
| Outubro      | 10,04         | 9,73          |
| Novembro     | 8,44          | 8,18          |
| Dezembro     | 9,48          | 9,19          |
| <b>TOTAL</b> | <b>110,65</b> | <b>107</b>    |

Tabela B.3. Consumo de gasóleo de aquecimento na estufa em 2008

| Mês          | Consumo (ton) | Consumo (tep) |
|--------------|---------------|---------------|
| Janeiro      | 1.162         | 1,09          |
| Fevereiro    | 3.084         | 2,90          |
| Março        | 1.278         | 1,20          |
| Abril        | 3.820         | 3,59          |
| Mai          | 1.748         | 1,64          |
| Junho        | 1.283         | 1,21          |
| Julho        | 759           | 0,714         |
| Agosto       | 0,00          | 0,00          |
| Setembro     | 929           | 0,873         |
| Outubro      | 2.955         | 2,78          |
| Novembro     | 2.000         | 1,88          |
| Dezembro     | 3.182         | 2,99          |
| <b>TOTAL</b> | <b>22.198</b> | <b>20,9</b>   |

Tabela B.4. Consumo de energia eléctrica nas HVN, HSN, HP, HC, potência contratada e total anual para os meses do ano 2008

| Mês          | Energia                  |                         |                     |                   | TOTAL Anual    |               | Potência Contratada (kW) | TOTAL Factura (€) |
|--------------|--------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------|----------------|---------------|--------------------------|-------------------|
|              | Horas Vazio Normal (HVN) | Horas Super Vazio (HSV) | Horas de Ponta (HP) | Horas Cheias (HC) | Consumo (kWh)  | Consumo (tep) |                          |                   |
|              | Consumo (kWh)            | Consumo (kWh)           | Consumo (kWh)       | Consumo (kWh)     |                |               |                          |                   |
| Janeiro      | 6.454                    | 3.735                   | 10.320              | 31.004            | 51.512         | 14,9          | 273,48                   | 3.776,41          |
| Fevereiro    | 6.807                    | 4.058                   | 9.917               | 30.060            | 50.842         | 14,7          | 273,48                   | 3.697,04          |
| Março        | 7.737                    | 4.162                   | 11.123              | 32.844            | 55.867         | 16,2          | 273,48                   | 4.070,50          |
| Abril        | 10.763                   | 4.600                   | 12.024              | 35.094            | 62.482         | 18,1          | 275,11                   | 4.631,37          |
| Mai          | 10.027                   | 4.211                   | 10.639              | 29.563            | 54.440         | 15,8          | 275,11                   | 4.016,12          |
| Junho        | 9.628                    | 3.835                   | 10.357              | 29.278            | 53.098         | 15,4          | 275,11                   | 3.928,99          |
| Julho        | 8.380                    | 3.270                   | 8.878               | 25.869            | 46.397         | 13,5          | 275,11                   | 3.431,55          |
| Agosto       | 5.124                    | 2.355                   | 5.043               | 13.755            | 26.276         | 7,6           | 275,11                   | 1.918,17          |
| Setembro     | 6.448                    | 2.732                   | 6.940               | 19.464            | 35.584         | 10,3          | 275,11                   | 2.628,18          |
| Outubro      | 9.312                    | 4.073                   | 10.728              | 30.928            | 55.041         | 16,0          | 275,11                   | 3.959,30          |
| Novembro     | 6.821                    | 3.879                   | 10.445              | 32.023            | 53.168         | 15,4          | 275,11                   | 3.887,12          |
| Dezembro     | 7.294                    | 4.220                   | 10.140              | 30.183            | 51.837         | 15,0          | 275,11                   | 3.758,11          |
| <b>TOTAL</b> | <b>94.794</b>            | <b>45.130</b>           | <b>116.555</b>      | <b>340.065</b>    | <b>596.544</b> | <b>173</b>    |                          | <b>43.702,86</b>  |

Seguidamente será apresentado os procedimentos e resultados obtidos na determinação da energia eléctrica e térmica nos diferentes processos e equipamentos da empresa *Curtumes Aveneda, Lda*

## Anexo B. 2.2. Pele *wet-salted* para *wet-blue*

Tomando uma base de cálculo de 5.000kg de pele salgada

### Ribeira

#### Potência eléctrica instalada

Tabela B.5. Potência eléctrica instalada nos fulões do processo da ribeira

| Fulão | Potência eléctrica instalada (kW) |
|-------|-----------------------------------|
| 1     | 6                                 |
| 2     | 11                                |
| 3     | 17                                |

#### Procedimento

O procedimento seguinte é usado no processo produtivo da ribeira, a partir deste foi determinado a energia eléctrica e térmica envolvida. Na determinação da energia térmica, foi considerado um rendimento térmico de 73,5%, para a determinação da energia eléctrica foi considerado que o processo estava em execução no fulão 3 (17kW) apresentando um factor de potência,  $\cos \varphi = 0,8$ .

Tabela B.6. Procedimento do processo da ribeira

| Etapa 1                        |                |
|--------------------------------|----------------|
| Água                           |                |
| Quantidade                     | 150%           |
| Temperatura (°C)               | 28             |
| Tempo de enchimento (min)      | 15             |
| <b>Energia Térmica (kJ)</b>    | <b>302.197</b> |
| Molhante                       | 0,3%           |
| Carbonato de Sódio             | 0,1%           |
| Bactericida                    | 0,1%           |
| Tempo de rotação (min)         | 60             |
| <b>Energia Eléctrica (kWh)</b> | <b>13,6</b>    |
| Despejar Banho                 |                |
| Etapa 2                        |                |
| Água                           |                |
| Quantidade                     | 150%           |
| Temperatura (°C)               | 28             |
| Tempo de enchimento (min)      | 15             |
| <b>Energia Térmica (kJ)</b>    | <b>302.197</b> |
| Tempo de rotação (min)         | 30             |

|                                |                |
|--------------------------------|----------------|
| <b>Energia Eléctrica (kWh)</b> | <b>6,8</b>     |
| <b>Despejar Banho</b>          |                |
| <b>Etapa 3</b>                 |                |
| Água                           |                |
| Quantidade                     | 120%           |
| Temperatura (°C)               | 28             |
| Tempo de enchimento (min)      | 12             |
| <b>Energia Térmica (kJ)</b>    | <b>241.758</b> |
| Molhante                       | 0,6%           |
| Carbonato de Sódio             | 0,5%           |
| Bactericida                    | 0,1%           |
| Enzimas                        | 0,1%           |
| Tempo de rotação (min)         | 460            |
| <b>Energia Eléctrica (kWh)</b> | <b>104,3</b>   |
| <b>Despejar Banho</b>          |                |
| <b>Etapa 4</b>                 |                |
| Água                           |                |
| Quantidade                     | 150%           |
| Temperatura (°C)               | 24             |
| Tempo de enchimento (min)      | 15             |
| <b>Energia Térmica (kJ)</b>    | <b>151.135</b> |
| Tempo de rotação (min)         | 30             |
| <b>Energia Eléctrica (kWh)</b> | <b>6,8</b>     |
| <b>Despejar 50% do Banho</b>   |                |
| <b>Etapa 5</b>                 |                |
| Sulfureto de Sódio             | 1,5%           |
| Sulfidrato de Sódio            | 1,0%           |
| Amina                          | 1,5%           |
| Hidróxido de Cálcio            | 1,0%           |
| Enzima                         | 0,1%           |
| Tensioactivo                   | 0,3%           |
| Tempo de rotação (min)         | 30             |
| <b>Energia Eléctrica (kWh)</b> | <b>6,8</b>     |
| <b>Etapa 6</b>                 |                |
| Sulfureto de Sódio             | 1,5%           |
| Hidróxido de Cálcio            | 3,0%           |
| Tensioactivo                   | 0,1%           |
| Tempo de rotação (min)         | 30             |
| <b>Energia Eléctrica (kWh)</b> | <b>6,8</b>     |
| <b>Etapa 7</b>                 |                |
| Tempo de rotação (min)         | 20             |
| <b>Energia Eléctrica (kWh)</b> | <b>4,5</b>     |
| <b>Etapa 8</b>                 |                |
| Água                           |                |
| Quantidade                     | 120%           |
| Temperatura (°C)               | 24             |
| Tempo de enchimento (min)      | 12             |
| <b>Energia Térmica (kJ)</b>    | <b>27.070</b>  |

|                           |        |
|---------------------------|--------|
| Tempo de rotação (min)    | 30     |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 6,8    |
| <b>Etapa 9</b>            |        |
| Tempo de rotação (min)    | 180    |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 40,8   |
| <b>Etapa 10</b>           |        |
| Água                      |        |
| Quantidade                | 200%   |
| Temperatura               | 22     |
| Tempo de enchimento (min) | 15     |
| Energia Térmica (kJ)      | 75.576 |
| Tempo de rotação (min)    | 15     |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 3,4    |

## Descarna Mecânica

### Duração

Tabela B.7. Duração do processo de descarna para 5 peles (aproximadamente 200kg)

| Número de peles | Tempo (mm:ss) |
|-----------------|---------------|
| 5               | 06:19         |
| 5               | 05:32         |
| 5               | 05:30         |
| <b>MÉDIA</b>    | <b>05:47</b>  |

Admitindo que 5 peles em tripa têm o peso aproximadamente de 200kg, portanto para 5.000kg o tempo decorrido será 2:24:35 (hh:mm:ss)

### Potência eléctrica instalada

Tabela B.8. Potência instalada para máquina de descarnar

|  |      |
|--|------|
| <b>TOTAL</b> potência eléctrica instalada (kW) | 72,8 |
|--|------|

## Curtume

### Potência eléctrica instalada

Tabela B.9. Potência eléctrica instalada nos fulões do processo do curtume

| Fulão | Potência eléctrica instalada (kW) |
|-------|-----------------------------------|
| 1     | 19                                |
| 2     | 19                                |
| 3     | 17-22                             |



### Procedimento:

Seguidamente será apresentado o processo produtivo do curtume, a partir deste foi determinado a energia eléctrica e térmica envolvida. Na determinação da energia térmica, foi considerado um rendimento térmico de 73,5%, para a determinação da energia eléctrica foi considerado que o processo estava em execução no fulão 1 (19kW), com um valor do factor de potência,  $\cos \varphi = 0,8$ .

Tabela B.10. Procedimento usado no processo de curtume

| <b>Etapa 1</b>                 |                  |
|--------------------------------|------------------|
| Água                           |                  |
| Quantidade                     | 200%             |
| Temperatura (°C)               | 38               |
| Tempo de enchimento (min)      | 19               |
| <b>Energia Térmica (kJ)</b>    | <b>1.052.235</b> |
| Sais de Amónio                 | 0,5%             |
| Bissulfito de Sódio            | 0,5%             |
| Tempo de rotação (min)         | 20               |
| <b>Energia Eléctrica (kWh)</b> | <b>5,1</b>       |
| <b>Etapa 2</b>                 |                  |
| Ácidos Fracos                  | 4,0%             |
| Tensioactivo                   | 0,3%             |
| Tempo de rotação (min)         | 240              |
| <b>Energia Eléctrica (kWh)</b> | <b>60,8</b>      |
| <b>Despejar Banho</b>          |                  |
| <b>Etapa 3</b>                 |                  |
| Água                           |                  |
| Quantidade                     | 50%              |
| Temperatura                    | 32               |
| Tempo de enchimento (min)      | 5                |
| <b>Energia Térmica (kJ)</b>    | <b>184.647</b>   |
| Tensioactivo                   | 0,2%             |
| Enzimas pancreáticas           | 0,5%             |
| Tempo de rotação (min)         | 30               |
| <b>Energia Eléctrica (kWh)</b> | <b>7,6</b>       |
| <b>Despejar Banho</b>          |                  |
| <b>Etapa 4</b>                 |                  |
| Água (Sucessão de lavagens)    |                  |
| Quantidade                     | 170%             |
| Temperatura (°C)               | 20               |
| Tempo de enchimento (min)      | 17               |
| <b>Energia Térmica (kJ)</b>    | <b>0</b>         |
| Tempo de rotação (min)         | 17               |
| <b>Energia Eléctrica (kWh)</b> | <b>4,3</b>       |
| <b>Despejar Banho</b>          |                  |

| Etapa 5                   |         |
|---------------------------|---------|
| Água                      |         |
| Quantidade                | 50%     |
| Temperatura (°C)          | 20      |
| Tempo de enchimento (min) | 5       |
| Energia Térmica (kJ)      | 0       |
| Cloreto de Sódio          | 8,0%    |
| Tempo de rotação (min)    | 10      |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 2,5     |
| Etapa 6                   |         |
| Ácido Fórmico             | 0,5%    |
| Tempo de rotação (min)    | 30      |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 7,6     |
| Etapa 7                   |         |
| Ácido Sulfúrico           | 1,5%    |
| Tempo de rotação (min)    | 120     |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 30,4    |
| Etapa 8                   |         |
| Tempo de rotação (min)    | 130     |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 32,9    |
| Etapa 9                   |         |
| Crómio                    | 7,0%    |
| Tempo de rotação (min)    | 120     |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 30,4    |
| Etapa 10                  |         |
| Óxido de Magnésio         | 0,9%    |
| Tempo de rotação (min)    | 480     |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 121,6   |
| Despejar Banho            |         |
| Etapa 11                  |         |
| Água                      |         |
| Quantidade                | 100%    |
| Temperatura (°C)          | 30      |
| Tempo de enchimento (min) | 8       |
| Energia Térmica (kJ)      | 246.196 |
| Tempo de rotação (min)    | 10      |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 2,5     |

### Anexos B.2.3. Pele *wet-blue* para *crust*

Tomando uma base de calculo de 3.000 ft<sup>2</sup> de pele rebaixada

#### Escorrimento

##### Duração

Tabela B.11. Duração do processo de escorrimento para 5 peles

| Número de peles | Tempo (mm:ss) |
|-----------------|---------------|
| 5               | 03:59         |
| 5               | 03:48         |
| 5               | 03:47         |
| <b>MÉDIA</b>    | <b>03:51</b>  |

Aproximadamente 5 peles corresponde a 320ft<sup>2</sup>, 3.000 ft<sup>2</sup> corresponderá a 00:36:15

##### Potência eléctrica instalada

Tabela B.12. Potência eléctrica instalada no processo de escorrimento

|  |      |
|--|------|
| <b>TOTAL</b> potência eléctrica instalada (kW) | 22,2 |
|--|------|

#### Divisão

##### Duração

Tabela B.13. Duração do processo de divisão para 5 peles

| Número de peles | Tempo (mm:ss) |
|-----------------|---------------|
| 5               | 03:54         |
| 5               | 04:08         |
| 5               | 03:49         |
| <b>MÉDIA</b>    | <b>03:57</b>  |

Aproximadamente 5 peles corresponde a 320ft<sup>2</sup>, 3.000 ft<sup>2</sup> corresponderá a 00:37:02

##### Potência eléctrica instalada

Tabela B.14. Potência eléctrica instalada na máquina de dividir

|  |      |
|--|------|
| <b>TOTAL</b> potência eléctrica instalada (kW) | 30,1 |
|--|------|

## Rebaixamento

No processo de Rebaixamento ocorrem duas passagens na máquina de rebaixar: a primeira passagem é mais rápida enquanto a segunda passagem é mais lenta devido ao controlo rigoroso da espessura da pele.

### Duração

Tabela B.15. Duração do processo de rebaixamento para 5 peles

|              | Meios de pele | Tempo (mm:ss) |
|--------------|---------------|---------------|
| 1ª Passagem  | 5/2           | 03:55         |
|              | 5/2           | 04:19         |
|              | 5/2           | 03:59         |
| <b>MÉDIA</b> |               | <b>04:04</b>  |
| 2ª Passagem  | 5/2           | 06:52         |
|              | 5/2           | 07:37         |
|              | 5/2           | 06:52         |
| <b>MÉDIA</b> |               | <b>07:07</b>  |

Aproximadamente 5 meios de pele corresponde a 160ft<sup>2</sup>, 3.000ft<sup>2</sup> corresponderá a 01:16:15 (hh:mm:ss) na 1ª passagem e 2:13:26 (hh:mm:ss)

### Potência eléctrica instalada

Tabela B.16. Potência eléctrica instalada na máquina de rebaixar

|   |      |
|---|------|
| <b>TOTAL</b> de potência eléctrica instalada (kW) | 38,2 |
|---|------|

## Aparação

Cada meio de pele também apresenta duas passagens no processo de aparar

### Duração

Tabela B.17. Duração do processo de aparar para 5 peles

| Meios de Pele | Tempo (mm:ss) |
|---------------|---------------|
| 5/2           | 03:22         |
| 5/2           | 03:26         |
| 5/2           | 03:40         |
| <b>MÉDIA</b>  | <b>03:29</b>  |

Se para 5 meios de pele (160ft<sup>2</sup>) a duração é 03:29 (mm:ss), para 3.000 ft<sup>2</sup> é 1:05:38 (hh:mm:ss), mas neste processo ocorrem duas passagens de tal modo o tempo necessário é 2:11:16 (hh:mm:ss)

## Potência eléctrica instalada

Tabela B.18. Potência eléctrica instalada na máquina de aparar

|   |     |
|---|-----|
| <b>TOTAL</b> de potência eléctrica instalada (kW) | 0,4 |
|---|-----|

## Tinturaria

### Potência eléctrica instalada

Tabela B.19. Potência instalada nos fulões do processo da tinturaria

| Fulão | Potência eléctrica instalada (kW) |
|-------|-----------------------------------|
| 1     | 17-22                             |
| 2     | 17-22                             |
| 3     | 11                                |
| 4     | 11                                |
| 5     | 7,5                               |
| 6     | 7,5                               |

### Procedimento

#### *Nubuck*

Para efeitos de cálculo considerou-se que o fulão em laboração era o fulão 1, que trabalha com a maior potência 22kW. Considerando que o rendimento térmico é 73,5% e que para a determinação da energia eléctrica o valor  $\cos \varphi = 0,8$ .

Tabela B.20. Procedimento utilizado no processo da tinturaria para couro *Nubuck*

| Etapa 1                  |         |
|--------------------------|---------|
| Água                     |         |
| Quantidade               | 200%    |
| Temperatura (°C)         | 40      |
| Tempo de enchimento(min) | 4       |
| Energia Térmica (kJ)     | 152.992 |
| Tensioactivo L.S         | 0,25%   |
| Tempo de rotação (min)   | 60      |
| Energia Eléctrica (kWh)  | 22,0    |
| Etapa 2                  |         |
| Ácido Fórmico            | 0,25%   |
| Tempo de rotação(min)    | 15      |
| Energia Eléctrica (kWh)  | 5,5     |

| <b>Etapa 3</b>            |         |
|---------------------------|---------|
| Neobinder 25              | 3,0%    |
| Tempo de rotação (min)    | 30      |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 11,0    |
| <b>Despejar Banho</b>     |         |
| <b>Etapa 4</b>            |         |
| Água                      |         |
| Quantidade                | 100%    |
| Temperatura (°C)          | 40      |
| Tempo de enchimento (min) | 2       |
| Energia Térmica (kJ)      | 76.496  |
| Tecnotan PK               | 2,0%    |
| Tempo de rotação (min)    | 15      |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 5,5     |
| <b>Etapa 5</b>            |         |
| Mistura de Gorduras       | 2,0%    |
| Tensioactivo L.S          | 0,2%    |
| Tempo de rotação (min)    | 20      |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 7,3     |
| <b>Etapa 6</b>            |         |
| Neobinder PA              | 5,0%    |
| Tempo de rotação (min)    | 40      |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 14,7    |
| <b>Etapa 7</b>            |         |
| Tecnocrom H               | 5,0%    |
| Acetato de Sódio          | 1,0%    |
| Tempo de rotação (min)    | 60      |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 22,0    |
| <b>Despejar Banho</b>     |         |
| <b>Etapa 8</b>            |         |
| Água                      |         |
| Quantidade                | 150%    |
| Temperatura (°C)          | 40      |
| Tempo de enchimento (min) | 3       |
| Energia Térmica (kJ)      | 114.744 |
| Tecnotan PK               | 2,0%    |
| Tempo de rotação (min)    | 20      |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 7,3     |
| <b>Etapa 9</b>            |         |
| Neolicker LE (gordura)    | 2,0%    |
| Tensioactivo LS           | 0,2%    |
| Tempo de rotação (min)    | 15      |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 5,5     |
| <b>Etapa 10</b>           |         |
| Hipossulfito de Sódio     | 1,0%    |

|                           |         |
|---------------------------|---------|
| Acetato de Sódio          | 1,0%    |
| Tempo de rotação (min)    | 30      |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 11,0    |
| <b>Etapa 11</b>           |         |
| Neobinder RE              | 5,0%    |
| Tempo de rotação (min)    | 40      |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 14,7    |
| <b>Despejar Banho</b>     |         |
| <b>Etapa 12</b>           |         |
| Água                      |         |
| Quantidade                | 200%    |
| Temperatura (°C)          | 30      |
| Tempo de enchimento (min) | 4       |
| Energia Térmica (kJ)      | 76.514  |
| Tempo de rotação (min)    | 5       |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 1,8     |
| <b>Despejar Banho</b>     |         |
| <b>Etapa 13</b>           |         |
| Água                      |         |
| Quantidade                | 50%     |
| Temperatura (°C)          | 30      |
| Tempo de enchimento (min) | 1       |
| Energia Térmica (kJ)      | 19.129  |
| Penetrante 44             | 2,0%    |
| Tempo de rotação (min)    | 10      |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 3,7     |
| <b>Etapa 14</b>           |         |
| Amoníaco                  | 1,0%    |
| Tempo de rotação (min)    | 10      |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 3,7     |
| <b>Etapa 15</b>           |         |
| Bege E                    | 1,5%    |
| Castanho HG               | 0,5%    |
| Castanho DR               | 0,25%   |
| Tempo de rotação (min)    | 60      |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 22,0    |
| <b>Etapa 16</b>           |         |
| Água                      |         |
| Quantidade                | 100%    |
| Temperatura (°C)          | 80      |
| Tempo de enchimento (min) | 2       |
| Energia Térmica (kJ)      | 229.707 |
| Tecnofil BN               | 1,5%    |
| Tempo de rotação (min)    | 15      |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 5,5     |

| Etapa 17                  |        |
|---------------------------|--------|
| Mistura de gorduras       | 8,0%   |
| Gordura HEN               | 2,0%   |
| Tempo de rotação (min)    | 60     |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 22,0   |
| Etapa 18                  |        |
| Neobinder PA              | 5,0%   |
| Tempo de rotação (min)    | 40     |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 14,7   |
| Etapa 19                  |        |
| TARA                      | 4,0%   |
| Tecnotan CRP              | 4,0%   |
| Mimosa líquida            | 2,0%   |
| Tempo de rotação (min)    | 40     |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 14,7   |
| Etapa 20                  |        |
| Ácido Fórmico             | 1,0%   |
| Tempo de rotação (min)    | 2      |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 0,73   |
| Etapa 21                  |        |
| Ácido Fórmico             | 1,0%   |
| Tempo de rotação (min)    | 2      |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 0,73   |
| Etapa 22                  |        |
| Ácido Fórmico             | 1,0%   |
| Tempo de rotação (min)    | 40     |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 14,7   |
| Despejar Banho            |        |
| Etapa 23                  |        |
| Água                      |        |
| Quantidade                | 100%   |
| Temperatura (°C)          | 30     |
| Tempo de enchimento (min) | 2      |
| Energia Térmica (kJ)      | 38.257 |
| Óxalato                   | 0,5%   |
| Tempo de rotação (min)    | 30     |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 11,0   |
| Etapa 24                  |        |
| Trilon LB                 | 1,0%   |
| Tempo de rotação (min)    | 40     |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 14,7   |
| Despejar Banho            |        |
| Etapa 25                  |        |



|                               |      |
|-------------------------------|------|
| <b>Água</b>                   |      |
| Quantidade                    | 100% |
| Temperatura (°C)              | 20   |
| Tempo de enchimento (min)     | 2    |
| Energia Térmica (kJ)          | 0    |
| Sulfato de Alumínio           | 1,5% |
| <b>Tempo de rotação (min)</b> |      |
| Energia Eléctrica (kWh)       | 3,7  |

### Anilina

Tabela B.21. Procedimento utilizado no processo da tinturaria para couro Anilina

| <b>Etapa 1</b>                |         |
|-------------------------------|---------|
| <b>Água</b>                   |         |
| Quantidade                    | 200%    |
| Temperatura (°C)              | 40      |
| Tempo de enchimento (min)     | 4       |
| Energia Térmica (kJ)          | 152.992 |
| Tensioactivo SN               | 0,5     |
| Ácido Fórmico                 | 0,4     |
| <b>Tempo de rotação (min)</b> |         |
| Energia Eléctrica (kWh)       | 11,0    |
| <b>Etapa 2</b>                |         |
| Neobinder 25                  | 3,0%    |
| <b>Tempo de rotação (min)</b> |         |
| Energia Eléctrica (kWh)       | 11,0    |
| <b>Despejar Banho</b>         |         |
| <b>Etapa 3</b>                |         |
| <b>Água</b>                   |         |
| Quantidade                    | 100%    |
| Temperatura (°C)              | 40      |
| Tempo de enchimento (min)     | 2       |
| Energia Térmica (kJ)          | 76.496  |
| Neoblinder PK2L               | 2,0%    |
| <b>Tempo de rotação (min)</b> |         |
| Energia Eléctrica (kWh)       | 7,3     |
| <b>Etapa 4</b>                |         |
| Fortan AP                     | 5,0%    |
| <b>Tempo de rotação (min)</b> |         |
| Energia Eléctrica (kWh)       | 14,7    |
| <b>Etapa 5</b>                |         |
| Tecnocrom H                   | 5,0%    |
| Acetato de sódio              | 0,5%    |
| <b>Tempo de rotação (min)</b> |         |
| Energia Eléctrica (kWh)       | 22,0    |
| <b>Despejar Banho</b>         |         |

| <b>Etapa 6</b>            |         |
|---------------------------|---------|
| Água                      |         |
| Quantidade                | 150%    |
| Temperatura (°C)          | 40      |
| Tempo de enchimento (min) | 3       |
| Energia Térmica (kJ)      | 114.744 |
| Neoblinder PK2L           | 2,0%    |
| Tempo de rotação (min)    | 20      |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 7,3     |
| <b>Etapa 7</b>            |         |
| Mistura de gorduras       | 2,0%    |
| Tensioactivo LS           | 0,2%    |
| Tempo de rotação (min)    | 20      |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 7,3     |
| <b>Etapa 8</b>            |         |
| Hipossulfito de Sódio     | 2,0%    |
| Acetato de Sódio          | 1,0%    |
| Tempo de rotação (min)    | 30      |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 11,0    |
| <b>Etapa 9</b>            |         |
| Neobinder RE              | 5,0%    |
| Tempo de rotação (min)    | 40      |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 14,7    |
| <b>Despejar Banho</b>     |         |
| <b>Etapa 10</b>           |         |
| Água                      |         |
| Quantidade                | 200%    |
| Temperatura (°C)          | 60      |
| Tempo de enchimento (min) | 4       |
| Energia Térmica (kJ)      | 306.020 |
| Tempo de rotação (min)    | 5       |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 1,8     |
| <b>Despejar Banho</b>     |         |
| <b>Etapa 11</b>           |         |
| Água                      |         |
| Quantidade                | 100%    |
| Temperatura (°C)          | 60      |
| Tempo de enchimento (min) | 1       |
| Energia Térmica (kJ)      | 76.505  |
| Tecnofil BN               | 3,0%    |
| Tempo de rotação (min)    | 20      |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 7,3     |
| <b>Etapa 12</b>           |         |
| Mistura de Gorduras       | 5,0%    |
| Tempo de rotação (min)    | 60      |

|                                  |        |
|----------------------------------|--------|
| Energia Eléctrica (kWh)          | 22,0   |
| <b>Despejar (parte do banho)</b> |        |
| <b>Etapa 13</b>                  |        |
| Neoblinder AP                    | 5,0%   |
| Tempo de rotação (min)           | 40     |
| Energia Eléctrica (kWh)          | 14,7   |
| <b>Etapa 14</b>                  |        |
| TARA                             | 5,0%   |
| CRP (sintético)                  | 5,0%   |
| Tempo de rotação (min)           | 30     |
| Energia Eléctrica (kWh)          | 11,0   |
| <b>Etapa 15</b>                  |        |
| Penetrante 44                    | 1,0%   |
| Tempo de rotação (min)           | 10     |
| Energia Eléctrica (kWh)          | 3,7    |
| <b>Etapa 16</b>                  |        |
| Amoníaco                         | 0,5%   |
| Tempo de Rotação (min)           | 10     |
| Energia Eléctrica (kWh)          | 3,7    |
| <b>Etapa 17</b>                  |        |
| Vermelho RTN                     | 2,0%   |
| Rubino 2B                        | 2,0%   |
| Tempo de rotação (min)           | 120    |
| Energia Eléctrica (kWh)          | 44,0   |
| <b>Etapa 18</b>                  |        |
| Água                             |        |
| Quantidade                       | 50%    |
| Temperatura (°C)                 | 60     |
| Tempo de enchimento (min)        | 1      |
| Energia Térmica (kJ)             | 76.505 |
| Ácido Fórmico                    | 1,0%   |
| Tempo de rotação (min)           | 2      |
| Energia Eléctrica (kWh)          | 0,7    |
| <b>Etapa 19</b>                  |        |
| Ácido Fórmico                    | 1,0%   |
| Tempo de rotação (min)           | 2      |
| Energia Eléctrica (kWh)          | 0,7    |
| <b>Despejar Banho</b>            |        |
| <b>Etapa 21 (Lavagem)</b>        |        |
| Água                             |        |
| Quantidade                       | 100%   |
| Temperatura (°C)                 | 20     |
| Tempo de enchimento (min)        | 2      |
| Energia Térmica (kJ)             | 0      |

Trapper

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| Tempo de rotação (min)  | 10  |
| Energia Eléctrica (kWh) | 3,7 |

Tabela B.22. Procedimento utilizado no processo da tinturaria para couro *Trapper*

| Etapa 1                   |         |
|---------------------------|---------|
| Água                      |         |
| Quantidade                | 200%    |
| Temperatura (°C)          | 40      |
| Tempo de enchimento (min) | 4       |
| Energia Térmica (kJ)      | 152.992 |
| Tensioactivo SN           | 0,50%   |
| Ácido Oxálico             | 1,0%    |
| Tempo de rotação (min)    | 90      |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 33,0    |
| Despejar Banho            |         |
| Etapa 2                   |         |
| Água                      |         |
| Quantidade                | 50%     |
| Temperatura (°C)          | 50      |
| Tempo de enchimento (min) | 1       |
| Energia Térmica (kJ)      | 57.365  |
| Formiato                  | 2,0%    |
| Selazol NG liq            | 3,0%    |
| Bicarbonato de Amónio     | 2,0%    |
| Tempo de rotação (min)    | 245     |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 89,8    |
| Despejar Banho            |         |
| Etapa 3                   |         |
| Água                      |         |
| Quantidade                | 100%    |
| Temperatura (°C)          | 30      |
| Tempo de enchimento (min) | 2       |
| Energia Térmica (kJ)      | 38.257  |
| Tempo de rotação (min)    | 10      |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 3,7     |
| Despejar Banho            |         |
| Etapa 4                   |         |
| Amoníaco                  | 1,0%    |
| Tempo de rotação (min)    | 10      |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 3,7     |
| Etapa 5                   |         |
| Castanho MRL              | 4,0%    |
| Preto FTR                 | 1,0%    |
| Tempo de rotação (min)    | 120     |

|                                |                |
|--------------------------------|----------------|
| <b>Energia Eléctrica (kWh)</b> | <b>44,0</b>    |
| <b>Etapa 6</b>                 |                |
| Água                           |                |
| Quantidade                     | 100%           |
| Temperatura (°C)               | 80             |
| Tempo de enchimento (min)      | 2              |
| <b>Energia Térmica (kJ)</b>    | <b>229.707</b> |
| FWR                            | 15%            |
| SDF                            | 2,5%           |
| Tensioactivo                   | 1,0%           |
| Tempo de rotação (min)         | 60             |
| <b>Energia Eléctrica (kWh)</b> | <b>22,0</b>    |
| <b>Etapa 7</b>                 |                |
| Sintex                         | 10%            |
| Gambier                        | 2,5%           |
| TARA                           | 2,5%           |
| Tempo de rotação (min)         | 60             |
| <b>Energia Eléctrica (kWh)</b> | <b>22,0</b>    |
| <b>Etapa 8</b>                 |                |
| Castanho MRL                   | 0,4%           |
| Preto FTR                      | 0,1%           |
| Tempo de rotação (min)         | 20             |
| <b>Energia Eléctrica (kWh)</b> | <b>7,3</b>     |
| <b>Etapa 9</b>                 |                |
| Ácido Fórmico                  | 1,0%           |
| Tempo de Rotação (min)         | 20             |
| <b>Energia Eléctrica (kWh)</b> | <b>7,3</b>     |
| <b>Etapa 10</b>                |                |
| Ácido Fórmico                  | 1,0%           |
| Tempo de rotação (min)         | 40             |
| <b>Energia Eléctrica (kWh)</b> | <b>14,7</b>    |
| <b>Etapa 11</b>                |                |
| Castanho MRL                   | 0,4%           |
| Preto FTR                      | 0,1%           |
| Tempo de rotação (min)         | 10             |
| <b>Energia Eléctrica (kWh)</b> | <b>3,7</b>     |
| <b>Etapa 12</b>                |                |
| Ácido Fórmico                  | 2,0%           |
| Tempo de rotação (min)         | 6              |
| <b>Energia Eléctrica (kWh)</b> | <b>2,2</b>     |
| <b>Despejar Banho</b>          |                |
| <b>Etapa 13 (Lavagem)</b>      |                |
| Água                           |                |
| Quantidade                     | 100%           |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| Temperatura (°C)          | 18  |
| Tempo de enchimento (min) | 2   |
| Energia Térmica (kJ)      | 0   |
| Tempo de rotação (min)    | 10  |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 3,7 |

---

## Escorrimento e Alisamento

### Duração

Tabela B.23. Duração do processo de escorrimento e alisar para 5 meios de pele

| Meios de pele | Tempo (mm:ss) |
|---------------|---------------|
| 5/2           | 03:31         |
| 5/2           | 03:38         |
| 5/2           | 03:50         |
| <b>MÉDIA</b>  | <b>03:40</b>  |

Se para 5 meios de pele, 175 meios, que corresponde a 3000 ft<sup>2</sup>, demorará 02:08:20 (hh:mm:ss).

### Potência eléctrica instalada

Tabela B.24. Potência eléctrica instalada na máquina de escorrer e alisar

---

**TOTAL** de potência eléctrica instalada (kW) 60,0

---

## Secagem a vácuo

### Duração

Cada meio de pele *Nubuck* e *Anilina* têm uma permanência no secador de vazio de 3 minutos, enquanto cada meio *Trapper* têm uma permanência de 1 minuto. Cada tabuleiro tem a capacidade de suportar dois meios de pele

### Potência eléctrica instalada

Tabela B.25. Potência eléctrica instalada no secador de vazio

---

**TOTAL** de potência eléctrica instalada (kW) 18,5

---

## Determinação da energia térmica

Devido à total impossibilidade de recolha dos condensados do secador de vazio, aproximou-se que a energia térmica necessária seria o calor latente de vaporização da água à temperatura de trabalho tendo em consideração a quantidade de água evaporada da pele durante o processo de secagem.

### Nubuck

Tabela B.26. Quantidade de água evaporada e energia térmica necessária para a evaporação da água em excesso dos couros *Nubuck*

| Pele          | Massa Inicial (kg) | Massa Final (kg) | $m_{\text{água}}$ (kg) | $T_t$ (°C)   | $\lambda$ (kJ/(kg)) | $Q_{\text{necessário}}$ (kJ) |
|---------------|--------------------|------------------|------------------------|--------------|---------------------|------------------------------|
| <i>Nubuck</i> | 3,75               | 2,50             | 1,25                   | 60(3minutos) | 2358,47             | 2.948                        |
| <i>Nubuck</i> | 3,95               | 2,95             | 1,00                   | 60(3minutos) | 2358,47             | 2.358                        |
| <i>Nubuck</i> | 3,45               | 2,45             | 1,00                   | 60(3minutos) | 2358,47             | 2.358                        |
| <b>MÉDIA</b>  | <b>3,72</b>        | <b>2,45</b>      | <b>1,62</b>            |              |                     | <b>2.555</b>                 |

Se para 1 meio de pele é necessário 2.555 (kJ), para 175 meios de peles, correspondente a 3.000 ft<sup>2</sup> é necessário 447.126 (kJ).

### Anilina

Tabela B.27. Quantidade de água evaporada e energia térmica necessária para a evaporação da água em excesso dos couros *Anilina*

| Pele           | Massa Inicial (kg) | Massa Final (kg) | $m_{\text{água}}$ (kg) | $T_t$ (°C)   | $\lambda$ (kJ/(kg)) | $Q_{\text{necessário}}$ (kJ) |
|----------------|--------------------|------------------|------------------------|--------------|---------------------|------------------------------|
| <i>Anilina</i> | 2,92               | 2,16             | 0,76                   | 60(3minutos) | 2358,47             | 1791                         |
| <i>Anilina</i> | 3,33               | 2,42             | 0,91                   | 60(3minutos) | 2358,47             | 2149                         |
| <i>Anilina</i> | 3,92               | 2,49             | 1,43                   | 60(3minutos) | 2358,47             | 3367                         |
| <b>MÉDIA</b>   | <b>3,39</b>        | <b>2,36</b>      | <b>1,03</b>            |              |                     | <b>2436</b>                  |

Se para 1 meio de pele é necessário 2436 (kJ), para 175 meios de peles, correspondente a 3000 ft<sup>2</sup> é necessário 426.256 (kJ)

## Trapper

Tabela B.28. Quantidade de água evaporada e energia térmica necessária para a evaporação da água em excesso dos couros *Trapper*

| Pele           | Massa Inicial (kg) | Massa Final (kg) | $m_{\text{água}}$ (kg) | $T_t$ (°C)  | $\lambda$ (kJ/(kg)) | $Q_{\text{necessário}}$ (kJ) |
|----------------|--------------------|------------------|------------------------|-------------|---------------------|------------------------------|
| <i>Trapper</i> | 4,25               | 4,10             | 0,15                   | 40(1minuto) | 2406,73             | 361                          |
| <i>Trapper</i> | 5,35               | 5,25             | 0,10                   | 40(1minuto) | 2406,73             | 241                          |
| <i>Trapper</i> | 4,65               | 4,50             | 0,15                   | 40(1minuto) | 2406,73             | 361                          |
| <b>MÉDIA</b>   | <b>4,75</b>        | <b>4,62</b>      | <b>0,13</b>            |             |                     | <b>321</b>                   |

Se para 1 meio de pele é necessário 321 (kJ), para 175 meios de peles, correspondente a 3.000 ft<sup>2</sup> é necessário 56.158 (kJ)

## Secagem na estufa

### Duração

Considera-se que o tempo de funcionamento da estufa foi 24horas e nesse período de tempo a caldeira trabalha 1hora e parava 2 horas

### Potência eléctrica instalada

Tabela B.29. Total da potência eléctrica instalada na caldeira e no sistema de transporte aéreo na estufa de secagem

|   |      |
|---|------|
| <b>TOTAL</b> de potência eléctrica instalada (kW) | 21,7 |
|---|------|

## Energia térmica

Para a determinação da quantidade de gasóleo consumido numa partida de secagem na estufa, procedeu-se do seguinte modo:

1. Mediu-se o comprimento e largura do depósito de gasóleo e determinou-se a área;
2. Mediu-se a altura do gasóleo no depósito;
3. Determinou-se o volume de gasóleo;
4. Após a primeira hora de secagem, mediu-se a altura de gasóleo;
5. Determinou-se o volume final;
6. Repetiu-se mais duas vezes durante o processo de secagem



Tabela B.30. Determinação da quantidade média de gasóleo consumido por hora na caldeira da estufa de secagem

|   |               |
|---|---------------|
| <b>Área da base do depósito (m<sup>2</sup>)</b> | <b>0,9996</b> |
| Altura inicial (m)                              | 0,363         |
| Volume inicial (m <sup>3</sup> )                | 0,363         |
| Primeira hora de laboração da caldeira          |               |
| Altura (m)                                      | 0,360         |
| Volume (m <sup>3</sup> )                        | 0,360         |
| Segunda hora de laboração da caldeira           |               |
| Altura (m):                                     | 0,356         |
| Volume (m <sup>3</sup> )                        | 0,356         |
| Terceira hora de laboração da caldeira          |               |
| Altura (m):                                     | 0,354         |
| Volume (m <sup>3</sup> ):                       | 0,354         |
| <b>MÉDIA do gasóleo consumido/hora</b>          | <b>0,003</b>  |

## Amaciar

### Duração

Tabela B.31. Duração de 3058 meios de pele na máquina de amaciar

| Máquina de Amaciar | Meios de pele | Tempo (min) |
|--------------------|---------------|-------------|
|                    | 3058          | 1111        |

Dado fornecido por responsável da parte dos acabamentos da empresa Curtumes Aveneda

Então para 175 meios são necessários 1:03:35 (hh:mm:ss)

### Potência eléctrica instalada

Tabela B.32. Potência instalada na máquina de amaciar

|   |     |
|---|-----|
| <b>TOTAL</b> de potência eléctrica instalada (kW) | 9,0 |
|---|-----|

## **Anexo B.2.4. Crust para pele acabada**

Base de cálculo 175 meios, que corresponde a 3.000 ft<sup>2</sup> de pele acabada

## Lixagem

### Duração

Tabela B.33. Duração de 1975 meios de pele no processo de lixar

| Lixadeira | Meios de pele | Tempo (min) |
|-----------|---------------|-------------|
|           | 1975          | 874         |

Dado fornecido por responsável da parte dos acabamentos da empresa Curtumes Aveneda

Portanto para 175 meios que corresponde a 3.000ft<sup>2</sup>, a duração será cerca de 1:17:27 (hh:mm:ss)

### Potência eléctrica instalada

Tabela B.34. Potência eléctrica instalada na lixadeira

|   |      |
|---|------|
| <b>TOTAL</b> de potência eléctrica instalada (kW) | 64,0 |
|---|------|

## Pistolar

### Duração

Tabela B.35. Duração de 14109 no túnel de pintura

| Máquina de Pistolar 1 | Meios de pele | Tempo (min) |
|-----------------------|---------------|-------------|
|                       | 14109         | 4466        |

Dado fornecido por responsável da parte dos acabamentos da empresa Curtumes Aveneda

Portanto para 175 meios de pele são necessários 00:55:24 (hh:mm:ss)

### Potência eléctrica Instalada

Tabela B.36. Potência instalada no túnel de pintura

| Pistola | Potência eléctrica instalada (kW) |
|---------|-----------------------------------|
| 1       | 11,15                             |
| 2       | 12                                |

### Energia térmica

O valor da energia térmica foi estimado do seguinte modo:

Sabendo que para cada ft<sup>2</sup> corresponde a 8g de tinta (a composição desta tinta admite 50% de água), portanto com a base de cálculo 3.000 ft<sup>2</sup> é consumido 24.000g de tinta. E constatando que por cada pistola de tinta é necessário um produto fixador ao qual cada ft<sup>2</sup>,

necessita 4 g de tinta (composição em água de 50%, também), de tal modo com a base de cálculo de 3.000 ft<sup>2</sup> é necessário 12.000 g de fixador.

Aproximação: Considerando que a composição de água, 50%, presente na tinta e no fixador é evaporada e que a água presente nos outros componentes da tinta fica retida na pele. Com o valor aproximado de água evaporada e o calor latente à temperatura de trabalho, 60°C, aproximou-se a energia térmica necessária para este processo.

## Prensagem

### Duração

Tabela B.37. Duração de 1205 meios de pele na máquina de prensar

| Prensa 2 | Meios de pele<br>1205 | Tempo<br>(min)<br>881 |
|----------|-----------------------|-----------------------|
|          |                       |                       |

Dado fornecido por responsável da parte dos acabamentos da empresa Curtumes Aveneda

Logo para 175 meios de peles é necessário 2:7:57 (hh:mm:ss)

### Potência eléctrica Instalada

Tabela B.38. Potência instalada nas máquinas de prensar

| Prensa | Potência eléctrica instalada<br>(kW) |
|--------|--------------------------------------|
| 1      | 42                                   |
| 2      | 32                                   |

## Bater

Duração 16 horas

Potência eléctrica instalada

Tabela B.39. Potência instalada nos fulões de bater

| Fulão | Potência eléctrica instalada (kW) |
|-------|-----------------------------------|
| 1     | 12,5                              |
| 2     | 7,5                               |
| 3     | 12,5                              |
| 4     | 14                                |

Estimou-se que as peles seriam batidas no fulão 4 (14kW). Neste fulão não deve ser usado mais do que 80 meios, portanto à partida surge a necessidade de 2 partidas para obter 175meios.

### **Estufa Giratória**

#### **Energia Térmica**

##### Determinação do caudal de ar:

1. Com o anemómetro de turbina em três posições determinou-se a velocidade do ar, nas duas áreas de entrada deste fluido;
2. Determinou-se a área das duas entradas do ar;
3. Determinou-se o caudal de ar de entrada e aproximou-se igual ao de saída

##### Determinação da temperatura e humidade de entrada e saída do ar:

1. Em intervalos de meia hora determinou-se a temperatura e humidade relativa de entrada e saída do ar da estufa giratória, com o termómetro e o higrómetro,
2. Com essas duas propriedades psicométricas do ar e com a carta de humidades, determinou-se a humidade molar;
3. Determinou-se a humidade específica;
4. Determinou-se a entalpia de entrada e saída do ar;
5. Aproximou-se a energia térmica necessária;

$$A_{entrada} = 0,074375m^2, \text{ de cada entrada}$$

Tabela B.40. Velocidade e caudal de ar da local de entrada da estufa giratória na entrada 1

| Posição      | $v\left(\frac{m}{s}\right)$ | $\dot{V}\left(\frac{m^3}{s}\right)$ |
|--------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| Ponto 1      | 8,96                        | 0,666                               |
|              | 7,47                        | 0,556                               |
|              | 7,53                        | 0,560                               |
| <b>Média</b> | 7,99                        | 0,594                               |
| Ponto 2      | 6,83                        | 0,508                               |
|              | 6,54                        | 0,486                               |
|              | 6,21                        | 0,462                               |
| <b>Média</b> | 6,53                        | 0,485                               |
| Ponto 3      | 5,60                        | 0,416                               |
|              | 5,06                        | 0,376                               |
|              | 5,63                        | 0,419                               |
| <b>Média</b> | 5,43                        | 0,404                               |
| <b>MÉDIA</b> | 6,65                        | <b>0,494</b>                        |

Tabela B.41. Velocidade e caudal de ar da local de entrada da estufa giratória na entrada 2

| Posição      | $v\left(\frac{m}{s}\right)$ | $\dot{V}\left(\frac{m^3}{s}\right)$ |
|--------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| Ponto1       | 6,38                        | 0,474                               |
|              | 6,58                        | 0,489                               |
|              | 6,70                        | 0,498                               |
| <b>Média</b> | 6,55                        | 0,487                               |
| Ponto 2      | 7,60                        | 0,565                               |
|              | 6,72                        | 0,500                               |
|              | 7,71                        | 0,573                               |
| <b>Média</b> | 7,34                        | 0,546                               |
| Ponto 3      | 6,36                        | 0,473                               |
|              | 7,47                        | 0,556                               |
|              | 7,49                        | 0,557                               |
| <b>Média</b> | 7,11                        | 0,529                               |
| <b>MÉDIA</b> | 7,00                        | <b>0,521</b>                        |

A média dos dois ensaios é  $0,508\left(\frac{m^3}{s}\right)$ , com este valor foi determinada a potência térmica empregada, neste processo

Tabela B.42. Entalpia de entrada e saída e energia térmica na estufa giratória na entrada um

| Te<br>(°C)   | yr <sub>e</sub><br>(%) | ym <sub>e</sub> | ye <sub>e</sub> | Cp <sub>médio</sub><br>(kJ/(kg°C)) | H <sub>e</sub><br>(kJ/kg) | T <sub>s</sub><br>(°C) | yr <sub>s</sub><br>(%) | ym <sub>s</sub> | ye <sub>s</sub> | Cp <sub>médio</sub><br>(kJ/(kg°C)) | H <sub>s</sub><br>(kJ/kg) | ρ<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | $\dot{m}_{ar}$<br>(kg/s) | Q<br>(kJ/s) |
|--------------|------------------------|-----------------|-----------------|------------------------------------|---------------------------|------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|------------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------|
| 22,1         | 62,0                   | 0,0160          | 0,010           | 1,042                              | 47,9                      | 53,0                   | 25,8                   | 0,0410          | 0,025           | 1,106                              | 122,3                     | 1,196                     | 0,607                    | 90          |
| 22,5         | 59,6                   | 0,0120          | 0,0074          | 1,031                              | 41,8                      | 55,5                   | 21,4                   | 0,0400          | 0,025           | 1,104                              | 123,4                     | 1,194                     | 0,606                    | 99          |
| 22,7         | 58,6                   | 0,0105          | 0,0065          | 1,027                              | 39,6                      | 55,0                   | 23,7                   | 0,0400          | 0,025           | 1,104                              | 122,8                     | 1,193                     | 0,606                    | 101         |
| 22,9         | 56,7                   | 0,0095          | 0,0059          | 1,025                              | 38,2                      | 56,0                   | 22,3                   | 0,0410          | 0,025           | 1,106                              | 125,6                     | 1,192                     | 0,605                    | 106         |
| 23,2         | 58,7                   | 0,0105          | 0,0065          | 1,027                              | 40,1                      | 55,0                   | 23,0                   | 0,0420          | 0,026           | 1,109                              | 126,2                     | 1,191                     | 0,604                    | 104         |
| <b>MÉDIA</b> |                        |                 |                 |                                    |                           |                        |                        |                 |                 |                                    |                           |                           |                          | <b>100</b>  |

Tabela B.43. Entalpia de entrada e saída e energia térmica na estufa giratória na entrada dois

| Te<br>(°C)   | yr <sub>e</sub><br>(%) | ym <sub>e</sub> | ye <sub>e</sub> | Cp <sub>médio</sub><br>(kJ/(kg°C)) | H <sub>e</sub><br>(kJ/kg) | T <sub>s</sub><br>(°C) | yr <sub>s</sub><br>(%) | ym <sub>s</sub> | ye <sub>s</sub> | Cp <sub>médio</sub><br>(kJ/(kg°C)) | H <sub>s</sub><br>(kJ/kg) | ρ<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | $\dot{m}_{ar}$<br>(kg/s) | Q<br>(kJ/s) |
|--------------|------------------------|-----------------|-----------------|------------------------------------|---------------------------|------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|------------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------|
| 24,6         | 49,5                   | 0,0155          | 0,0096          | 1,040                              | 49,6                      | 56,6                   | 17,2                   | 0,0350          | 0,022           | 1,091                              | 116,1                     | 1,186                     | 0,602                    | 80          |
| 25,0         | 44,9                   | 0,0140          | 0,0087          | 1,036                              | 47,6                      | 53,3                   | 20,5                   | 0,0350          | 0,022           | 1,091                              | 112,5                     | 1,184                     | 0,601                    | 78          |
| 25,1         | 46,0                   | 0,0140          | 0,0087          | 1,036                              | 47,7                      | 55,0                   | 18,6                   | 0,0330          | 0,021           | 1,086                              | 110,9                     | 1,184                     | 0,601                    | 76          |
| 25,3         | 46,1                   | 0,0145          | 0,0090          | 1,038                              | 48,8                      | 56,7                   | 17,1                   | 0,0310          | 0,019           | 1,080                              | 109,4                     | 1,183                     | 0,600                    | 73          |
| <b>MÉDIA</b> |                        |                 |                 |                                    |                           |                        |                        |                 |                 |                                    |                           |                           |                          | <b>77</b>   |

A média da potência térmica é:  $88,3 \left( \frac{kJ}{s} \right)$

Sabendo que a estufa esta atestada com 67 peles de tal modo para 175 meios é necessário 3 vezes o enchimento da estufa. Cada volta na estufa giratória demora 10 minutos, sendo costumeiras duas voltas na estufa giratória.

## Máquina de Pegar

### Potência eléctrica instalada

Tabela B.44. Potência instalada na máquina de pregar

| Motor        | Potência eléctrica instalada (kW) |
|--------------|-----------------------------------|
| 1            | 1,1                               |
| 2            | 1,1                               |
| <b>TOTAL</b> | <b>2,2</b>                        |

## 2ª Tinturaria ( Nubuck )

Tabela B.45. Procedimento do segundo processo da tinturaria do couro *Nubuck*

| <b>Etapa 1</b>            |        |
|---------------------------|--------|
| Água                      |        |
| Quantidade                | 200%   |
| Temperatura (°C)          | 20     |
| Tempo de enchimento(min)  | 4      |
| Energia Térmica (kJ)      | 0      |
| Indiwet B.M               | 0,5    |
| Tempo de rotação(min)     | 5      |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 1,8    |
| <b>Etapa 2</b>            |        |
| Tensioactivo SN           | 0,25%  |
| Tensioactivo LS           | 0,25%  |
| Amoníaco                  | 0,25%  |
| Tempo de rotação (min)    | 60     |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 22,0   |
| <b>Despejar Banho</b>     |        |
| <b>Etapa 3</b>            |        |
| Água                      |        |
| Quantidade                | 100%   |
| Temperatura (°C)          | 40     |
| Tempo de enchimento (min) | 2      |
| Energia Térmica (kJ)      | 76.496 |
| Tempo de rotação (min)    | 10     |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 3,7    |
| <b>Etapa 4</b>            |        |
| Água                      |        |
| Quantidade                | 100%   |
| Temperatura (°C)          | 40     |
| Tempo de enchimento (min) | 2      |
| Energia Térmica (kJ)      | 76.487 |
| Ácido Fórmico             | 1,0%   |

|                           |         |
|---------------------------|---------|
| Tempo de rotação (min)    | 30      |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 11,0    |
| <b>Etapa 5</b>            |         |
| Bege                      | 0,75%   |
| Castanho HG               | 0,25%   |
| Castanho DR               | 0,125%  |
| Tempo de rotação (min)    | 20      |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 7,3     |
| <b>Despejar Banho</b>     |         |
| <b>Etapa 6</b>            |         |
| Ácido Fórmico             | 1,0%    |
| Tempo de rotação (min)    | 30      |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 11,0    |
| <b>Etapa 7</b>            |         |
| Acido Fórmico             | 1,0%    |
| Tempo de rotação (min)    | 60      |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 22,0    |
| <b>Despejar Banho</b>     |         |
| <b>Etapa 8</b>            |         |
| Água                      |         |
| Quantidade                | 100%    |
| Temperatura (°C)          | 40      |
| Tempo de enchimento (min) | 2       |
| Energia Térmica (kJ)      | 76.496  |
| Tempo de Rotação (min)    | 10      |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 3,7     |
| <b>Etapa 9</b>            |         |
| Água                      |         |
| Quantidade                | 100%    |
| Temperatura (°C)          | 50      |
| Tempo de enchimento (min) | 2       |
| Energia Térmica (kJ)      | 114.730 |
| Ácido Fórmico             | 1,0%    |
| Tempo de Rotação (min)    | 20      |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 7,3     |
| <b>Despejar Banho</b>     |         |
| <b>Etapa 10</b>           |         |
| Alumínio                  | 1,0%    |
| Tempo de Rotação (min)    | 40      |
| Energia Eléctrica (kWh)   | 14,7    |
| <b>Etapa 11</b>           |         |
| Água                      |         |
| Quantidade                | 100%    |
| Temperatura (°C)          | 20      |
| Tempo de enchimento (min) | 2       |



|                         |      |
|-------------------------|------|
| Energia Térmica (kJ)    | 0    |
| Penetrante 44           | 2,0% |
| Tempo de Rotação (min)  | 10   |
| Energia Eléctrica (kWh) | 3,7  |

### Anexo B.3. Solicitações diárias de água no processo da ribeira

Seguidamente será apresentado as solicitações de água do processo da ribeira dos dias 3.06.09 até 12.06.09:

Tabela B.46. Solicitações de água no processo da ribeira no dia 6.02.09

|                         | Tempo | Fulão 1 | Fulão 2<br>(2300kg) | Fulão 3<br>(4000kg) |
|-------------------------|-------|---------|---------------------|---------------------|
| Início                  | 10h39 |         |                     |                     |
| Fim                     | 10h53 |         |                     | 150%(6000L)         |
| Tempo de enchimento (s) | 840   |         |                     | 6191                |
| T(°C)                   |       |         |                     | 28                  |
| Início                  | 10h53 |         | 150%(3450L)         |                     |
| Fim                     | 11h03 |         |                     |                     |
| Tempo de enchimento (s) | 600   |         | 4422                |                     |
| T(°C)                   |       |         | 28                  |                     |
| Início                  | 12h03 |         |                     | 150%(6000L)         |
| Fim                     | 12h15 |         |                     |                     |
| Tempo de enchimento (s) | 720   |         |                     | 5307                |
| T(°C)                   |       |         |                     | 28                  |
| Início                  | 12h15 |         | 150%(3450L)         |                     |
| Fim                     | 12h22 |         |                     |                     |
| Tempo de enchimento (s) | 420   |         | 3096                |                     |
| T(°C)                   |       |         | 28                  |                     |
| Início                  | 13h25 |         |                     | 120%(4800L)         |
| Fim                     | 13h32 |         |                     |                     |
| Tempo de enchimento (s) | 420   |         |                     | 3096                |
| T(°C)                   |       |         |                     | 28                  |
| Início                  | 13h32 |         | 120%(2760L)         |                     |
| Fim                     | 13h40 |         |                     |                     |
| Tempo de enchimento (s) | 480   |         | 3538                |                     |
| T(°C)                   |       |         | 28                  |                     |

Tabela B.47. Solicitações de água no processo da ribeira no dia 7.02.09

|                         | Tempo | Fulão 1 | Fulão 2<br>(2300kg) | Fulão 3<br>(4000kg) |
|-------------------------|-------|---------|---------------------|---------------------|
| Início                  | 8h45  |         |                     |                     |
| Fim                     | 9h00  |         |                     | 150%(6000L)         |
| Tempo de enchimento (s) | 900   |         |                     | 6633                |
| T(°C)                   |       |         |                     | 24                  |
| Início                  | 9h00  |         | 150%(3450L)         |                     |
| Fim                     | 9h10  |         |                     |                     |
| Tempo de enchimento (s) | 600   |         | 4422                |                     |
| T(°C)                   |       |         | 24                  |                     |
| Início                  | 15h10 |         |                     | 100%(3000L)         |
| Fim                     | 15h44 |         |                     |                     |
| Tempo de enchimento (s) | 2700  |         |                     | 4458*               |
| T(°C)                   |       |         |                     | 22                  |
| Início                  | 15h45 |         | 100%(2300L)         |                     |
| Fim                     | 16h05 |         |                     |                     |
| Tempo de enchimento (s) | 1200  |         | 1981*               |                     |
| T(°C)                   |       |         | 22                  |                     |

\*Nesta etapa do processo é utilizado um caudal menor: 1,6510 kg/s

Tabela B.48. Solicitações de água no processo da ribeira no dia 9.02.09

|                         | Tempo | Fulão 1 | Fulão 2<br>(2300kg) | Fulão 3<br>(4000kg) |
|-------------------------|-------|---------|---------------------|---------------------|
| Início                  | 7h10  |         |                     |                     |
| Fim                     | 7h30  |         |                     | 200%(8000L)         |
| Tempo de enchimento (s) | 1200  |         |                     | 8844                |
| T(°C)                   |       |         |                     | 22                  |
| Início                  | 10h15 |         | 200%(4600L)         |                     |
| Fim                     | 10h30 |         |                     |                     |
| Tempo de enchimento (s) | 900   |         | 6633                |                     |
| T(°C)                   |       |         | 22                  |                     |

Tabela B.49. Consumo total de água no processo da ribeira do dia 6 ao dia 9 de Fevereiro de 2009

| Dia          | Quantidade de Água Consumida<br>(L) |
|--------------|-------------------------------------|
| 6.02.09      | 25.649                              |
| 7.02.09      | 17.494                              |
| 9.02.09      | 15.478                              |
| <b>TOTAL</b> | <b>58.621</b>                       |

#### Anexo B.4. Solicitações diárias de água no processo da tinturaria

Seguidamente será apresentado as solicitações de água do processo de curtume dos dias 3.06.09 até 12.06.09:

Tabela B.50. Solicitações de água no processo do curtume no dia 9.02.09

|                         | Tempo | Fulão 1 | Fulão 2<br>(3770kg) | Fulão 3<br>(2180kg) |
|-------------------------|-------|---------|---------------------|---------------------|
| Início                  | 10h40 |         |                     |                     |
| Fim                     | 10h59 |         | 200%(7540L)         |                     |
| Tempo de enchimento (s) | 1140  |         | 10274               |                     |
| T(°C)                   |       |         | 38                  |                     |
| Início                  | 12h00 |         |                     | 200%(4360L)         |
| Fim                     | 12h11 |         |                     |                     |
| Tempo de enchimento (s) | 660   |         |                     | 5948                |
| T(°C)                   |       |         |                     | 38                  |
| Início                  | 14h20 |         | 50%(1885L)          |                     |
| Fim                     | 14h25 |         |                     |                     |
| Tempo de enchimento (s) | 300   |         | 2704                |                     |
| T(°C)                   |       |         | 32                  |                     |
| Início                  | 15h01 |         | 170%(6409L)         |                     |
| Fim                     | 15h18 |         |                     |                     |
| Tempo de enchimento (s) | 1020  |         | 9193                |                     |
| T(°C)                   |       |         | 20                  |                     |
| Início                  | 15h31 |         | 50%(1885L)          |                     |
| Fim                     | 15h36 |         |                     |                     |
| Tempo de enchimento (s) | 300   |         | 2704                |                     |
| T(°C)                   |       |         |                     |                     |
| Início                  | 15h40 |         |                     | 80%(1744L)          |
| Fim                     | 15h45 |         |                     |                     |
| Tempo de enchimento (s) | 300   |         |                     | 2704                |
| T(°C)                   |       |         |                     | 32                  |
| Início                  | 16h20 |         |                     | 150%(3270L)         |
| Fim                     | 16h30 |         |                     |                     |
| Tempo de enchimento (s) | 600   |         |                     | 5407                |
| T(°C)                   |       |         |                     | 20                  |
| Início                  | 16h43 |         |                     | 50%(1090L)          |
| Fim                     | 16h46 |         |                     |                     |
| Tempo de enchimento (s) | 180   |         |                     | 1622                |
| T(°C)                   |       |         |                     | 20                  |

Tabela B.51. Solicitações de água no processo do curtume no dia 11.02.09

|                         | Tempo | Fulão 1 | Fulão 2<br>(3770kg) | Fulão 3<br>(2180kg) |
|-------------------------|-------|---------|---------------------|---------------------|
| Início                  | 14h21 |         |                     |                     |
| Fim                     | 14h30 |         | 100%(3770L)         |                     |
| Tempo de enchimento (s) | 540   |         | 4867                |                     |
| T(°C)                   |       |         | 30                  |                     |

Tabela B.52. Solicitações de água no processo do curtume no dia 12.02.09

|                         | Tempo | Fulão 1 | Fulão 2 | Fulão 3<br>(2180kg) |
|-------------------------|-------|---------|---------|---------------------|
| Início                  | 13h30 |         |         |                     |
| Fim                     | 13h38 |         |         | 100%(2180L)         |
| Tempo de enchimento (s) | 480   |         |         | 4326                |
| T(°C)                   |       |         |         | 30                  |

Tabela B.53. Consumo total de água no processo da curtume do dia 9 ao dia 12 de Fevereiro de 2009

| Dia          | Consumo de Água Consumida<br>(L) |
|--------------|----------------------------------|
| 9.02.09      | 40.56                            |
| 11.02.09     | 48.67                            |
| 12.02.09     | 43.26                            |
| <b>TOTAL</b> | <b>49.748</b>                    |

### **Anexo B. 5. Solicitações diárias de água no processo da tinturaria**

Seguidamente será apresentado as solicitações de água do processo de tinturaria dos dias 3.06.09 até 12.02.09

Tabela B.54. Solicitações de água no processo da tinturaria no dia 3.02.09

|                        | Tempo | Fulão 1<br>(800kg) | Fulão 2<br>(530kg) | Fulão 3<br>(770kg) | Fulão 4 | Fulão 5<br>(600 kg) | Fulão 6 | Fulão Curtume<br>(870kg) |
|------------------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|---------------------|---------|--------------------------|
| Início                 | 7h30  |                    |                    | 200% (1540L)       |         |                     |         |                          |
| Fim                    | 7h40  |                    |                    |                    |         |                     |         |                          |
| Tempo de enchimento(s) | 600   |                    |                    | 3371               |         |                     |         |                          |
| T(°C)                  |       |                    |                    | 30                 |         |                     |         |                          |
| Início                 | 7h40  |                    |                    |                    |         |                     |         | 200% (1740L)             |
| Fim                    | 7h50  |                    |                    |                    |         |                     |         |                          |
| Tempo de enchimento(s) | 600   |                    |                    |                    |         |                     |         | 5407                     |
| T(°C)                  |       |                    |                    |                    |         |                     |         | 40                       |
| Início                 | 9h22  | 200%(1600L)        |                    |                    |         |                     |         |                          |
| Fim                    | 9h30  |                    |                    |                    |         |                     |         |                          |
| Tempo de enchimento(s) | 480   | 2697               |                    |                    |         |                     |         |                          |
| T(°C)                  |       | 40                 |                    |                    |         |                     |         |                          |
| Início                 | 9h30  |                    | 200%(1060L)        |                    |         |                     |         |                          |
| Fim                    | 9h35  |                    |                    |                    |         |                     |         |                          |
| Tempo de enchimento(s) | 300   |                    | 1686               |                    |         |                     |         |                          |
| T(°C)                  |       |                    | 50                 |                    |         |                     |         |                          |
| Início                 | 10h00 |                    | 200%(1060L)        |                    |         |                     |         |                          |
| Fim                    | 10h05 |                    |                    |                    |         |                     |         |                          |
| Tempo de enchimento(s) | 300   |                    | 1686               |                    |         |                     |         |                          |
| T(°C)                  |       |                    | 40                 |                    |         |                     |         |                          |
| Início                 | 10h30 |                    |                    | 100%(770L)         |         |                     |         |                          |
| Fim                    | 10h32 |                    |                    |                    |         |                     |         |                          |
| Tempo de enchimento(s) | 240   |                    |                    | 1686               |         |                     |         |                          |
| T(°C)                  |       |                    |                    | 80                 |         |                     |         |                          |
| Início                 | 10h33 |                    |                    |                    |         |                     |         | 200%(1740L)              |
| Fim                    | 10h38 |                    |                    |                    |         |                     |         |                          |
| Tempo de enchimento(s) | 300   |                    |                    |                    |         |                     |         | 2163                     |
| T(°C)                  |       |                    |                    |                    |         |                     |         | 35                       |
| Início                 | 10h45 |                    |                    |                    |         |                     |         | 100%(870L)               |
| Fim                    | 10h47 |                    |                    |                    |         |                     |         |                          |
| Tempo de enchimento(s) | 120   |                    |                    |                    |         |                     |         | 1081                     |

|                        |       |  |  |  |  |  |  |  |              |
|------------------------|-------|--|--|--|--|--|--|--|--------------|
| T(°C)                  |       |  |  |  |  |  |  |  | 35           |
| Início                 | 12h20 |  |  |  |  |  |  |  |              |
| Fim                    | 12h24 |  |  |  |  |  |  |  | 200%(1540L)  |
| Tempo de enchimento(s) | 240   |  |  |  |  |  |  |  | 1348         |
| T(°C)                  |       |  |  |  |  |  |  |  | 20           |
| Início                 | 13h30 |  |  |  |  |  |  |  |              |
| Fim                    | 13h34 |  |  |  |  |  |  |  | 200%(1600L)  |
| Tempo de enchimento(s) | 240   |  |  |  |  |  |  |  | 1348         |
| T(°C)                  |       |  |  |  |  |  |  |  | 35           |
| Início                 | 13h41 |  |  |  |  |  |  |  |              |
| Fim                    | 13h43 |  |  |  |  |  |  |  | 100%(800L)   |
| Tempo de enchimento(s) | 120   |  |  |  |  |  |  |  | 674          |
| T(°C)                  |       |  |  |  |  |  |  |  | 35           |
| Início                 | 14h30 |  |  |  |  |  |  |  |              |
| Fim                    | 14h35 |  |  |  |  |  |  |  | 250% (1500L) |
| Tempo de enchimento(s) | 240   |  |  |  |  |  |  |  | 1348         |
| T(°C)                  |       |  |  |  |  |  |  |  | 20           |

Tabela B.55. Solicitações de água no processo da tinturaria no dia 4.02.09

|                        | Tempo | Fulão 1<br>(800kg) | Fulão 2<br>(600kg) | Fulão 3<br>(770kg) | Fulão 4<br>(190kg) | Fulão 5<br>(600kg) | Fulão 6 | Fulão Curtume<br>(870kg) |
|------------------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|--------------------------|
| Início                 | 7h32  |                    |                    |                    |                    |                    |         |                          |
| Fim                    | 7h35  |                    |                    |                    |                    |                    |         |                          |
| Tempo de enchimento(s) | 180   |                    |                    |                    |                    |                    |         |                          |
| T(°C)                  |       |                    |                    |                    |                    |                    |         |                          |
| Início                 | 7h35  |                    |                    |                    |                    |                    |         |                          |
| Fim                    | 7h38  |                    |                    |                    |                    |                    |         |                          |
| Tempo de enchimento(s) | 180   |                    |                    |                    |                    |                    |         |                          |
| T(°C)                  |       |                    |                    |                    |                    |                    |         |                          |
| Início                 | 7h40  |                    |                    |                    |                    |                    |         |                          |
| Fim                    | 7h45  |                    |                    |                    |                    |                    |         |                          |
| Tempo de enchimento(s) | 300   |                    |                    |                    |                    |                    |         |                          |
| T(°C)                  |       |                    |                    |                    |                    |                    |         |                          |

|                        |       |             |             |            |             |
|------------------------|-------|-------------|-------------|------------|-------------|
| Início                 | 7h45  |             |             |            | 200%(1740L) |
| Fim                    | 7h50  |             |             |            |             |
| Tempo de enchimento(s) | 300   |             |             |            | 2704        |
| T(°C)                  |       |             |             |            | 30          |
| Início                 | 7h55  | 200%(1600L) |             |            |             |
| Fim                    | 8h00  |             |             |            |             |
| Tempo de enchimento(s) | 300   | 1686        |             |            |             |
| T(°C)                  |       | 30          |             |            |             |
| Início                 | 8h00  |             |             |            | 200%(1740L) |
| Fim                    | 8h05  |             |             |            |             |
| Tempo de enchimento(s) | 300   |             |             |            | 2704        |
| T(°C)                  |       |             |             |            | 30          |
| Início                 | 8h44  |             | 200%(1540L) |            |             |
| Fim                    | 8h49  |             |             |            |             |
| Tempo de enchimento(s) | 300   |             | 1686        |            |             |
| T(°C)                  |       |             | 60          |            |             |
| Início                 | 8h50  |             | 200%(1200L) |            |             |
| Fim                    | 8h55  |             |             |            |             |
| Tempo de enchimento(s) | 300   |             | 1686        |            |             |
| T(°C)                  |       |             | 40          |            |             |
| Início                 | 9h45  |             | 200%(1540L) |            |             |
| Fim                    | 9h50  |             |             |            |             |
| Tempo de enchimento(s) | 300   |             | 1686        |            |             |
| T(°C)                  |       |             | 20          |            |             |
| Início                 | 10h02 |             |             | 100%(190L) |             |
| Fim                    | 10h04 |             |             |            |             |
| Tempo de enchimento(s) | 90    |             |             | 506        |             |
| T(°C)                  |       |             |             | 35         |             |
| Início                 | 10h06 | 100%(800kg) |             |            |             |
| Fim                    | 10h08 |             |             |            |             |
| Tempo de enchimento(s) | 120   | 674         |             |            |             |
| T(°C)                  |       | 80          |             |            |             |
| Início                 | 10h15 |             |             |            | 100%(870L)  |
| Fim                    | 10h17 |             |             |            |             |





|                        |       |             |             |
|------------------------|-------|-------------|-------------|
| T(°C)                  | 60    |             |             |
| Início                 | 8h25  |             | 200%(1740L) |
| Fim                    | 8h30  |             |             |
| Tempo de enchimento(s) | 300   |             | 2704        |
| T(°C)                  |       |             | 60          |
| Início                 | 8h43  | 300%(690L)  |             |
| Fim                    | 8h45  |             |             |
| Tempo de enchimento(s) | 120   | 674         |             |
| T(°C)                  |       |             | 40          |
| Início                 | 8h56  |             | 150%(900L)  |
| Fim                    | 8h59  |             |             |
| Tempo de enchimento(s) | 180   |             | 1011        |
| T(°C)                  |       |             | 50          |
| Início                 | 9h42  | 50%(115L)   |             |
| Fim                    | 9h44  |             |             |
| Tempo de enchimento(s) | 90    | 506         |             |
| T(°C)                  |       |             | 40          |
| Início                 | 9h45  |             | 200%(1740L) |
| Fim                    | 9h50  |             |             |
| Tempo de enchimento(s) | 300   |             | 2704        |
| T(°C)                  |       |             | 20          |
| Início                 | 9h52  | 200%(1600L) |             |
| Fim                    | 9h57  |             |             |
| Tempo de enchimento(s) | 300   | 1686        |             |
| T(°C)                  |       |             | 20          |
| Início                 | 10h25 | 200%(1200L) |             |
| Fim                    | 10h29 |             |             |
| Tempo de enchimento(s) | 240   | 1348        |             |
| T(°C)                  |       |             | 80          |
| Início                 | 10h30 |             | 200%(380L)  |
| Fim                    | 10h31 |             |             |
| Tempo de enchimento(s) | 60    |             | 337         |
| T(°C)                  |       |             | 80          |
| Início                 | 11h06 |             | 200%(1200L) |

|                        |       |            |             |
|------------------------|-------|------------|-------------|
| Fim                    | 11h10 |            |             |
| Tempo de enchimento(s) | 240   |            | 1348        |
| T(°C)                  |       |            | 20          |
| Fulão 5<br>(500kg)     |       |            |             |
| Inicio                 | 11h33 |            | 300%(1500L) |
| Fim                    | 11h38 |            |             |
| Tempo de enchimento(s) | 300   |            | 1686        |
| T(°C)                  |       |            | 20          |
| Inicio                 | 13h16 |            |             |
| Fim                    | 13h17 | 100%(230L) |             |
| Tempo de enchimento(s) | 60    | 337        |             |
| T(°C)                  |       | 80         |             |
| Inicio                 | 14h44 |            | 300%(1500L) |
| Fim                    | 14h49 |            |             |
| Tempo de enchimento(s) | 300   |            | 1686        |
| T(°C)                  |       |            | 20          |
| Inicio                 |       | 200%(460L) |             |
| Fim                    | 16h06 |            |             |
| Tempo de enchimento(s) | 16h09 | 1011       |             |
| T(°C)                  | 180   | 20         |             |
| Inicio                 | 16h13 |            | 150%(750L)  |
| Fim                    | 16h15 |            |             |
| Tempo de enchimento(s) | 120   |            | 674         |
| T(°C)                  |       |            | 20          |

Tabela B.57. Solicitações de água no processo da tinturaria no dia 6.2.09

|                        | Tempo | Fulão 1 | Fulão 2<br>(600kg) | Fulão 3<br>(660kg) | Fulão 4<br>(190kg) | Fulão 5<br>(500kg) | Fulão 6 | Fulão Curtume<br>(1100kg) |
|------------------------|-------|---------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|---------------------------|
| Início                 | 7h24  |         | 100%(600L)         |                    |                    |                    |         |                           |
| Fim                    | 7h26  |         |                    |                    |                    |                    |         |                           |
| Tempo de enchimento(s) | 120   |         | 674                |                    |                    |                    |         |                           |
| T(°C)                  |       |         | 60                 |                    |                    |                    |         |                           |
| Início                 | 7h28  |         |                    |                    |                    | 150%(750L)         |         |                           |
| Fim                    | 7h30  |         |                    |                    |                    |                    |         |                           |
| Tempo de enchimento(s) | 150   |         |                    |                    |                    | 843                |         |                           |
| T(°C)                  |       |         |                    |                    |                    | 60                 |         |                           |
| Início                 | 7h30  |         |                    |                    | 200%(380L)         |                    |         |                           |
| Fim                    | 7h31  |         |                    |                    |                    |                    |         |                           |
| Tempo de enchimento(s) | 60    |         |                    |                    | 337                |                    |         |                           |
| T(°C)                  |       |         |                    |                    | 60                 |                    |         |                           |
| Início                 | 8h20  |         | 100%(600L)         |                    |                    |                    |         |                           |
| Fim                    | 8h22  |         |                    |                    |                    |                    |         |                           |
| Tempo de enchimento(s) | 120   |         | 674                |                    |                    |                    |         |                           |
| T(°C)                  |       |         | 60                 |                    |                    |                    |         |                           |
| Início                 | 8h23  |         |                    |                    | 200%(380L)         |                    |         |                           |
| Fim                    | 8h24  |         |                    |                    |                    |                    |         |                           |
| Tempo de enchimento(s) | 60    |         |                    |                    | 337                |                    |         |                           |
| T(°C)                  |       |         |                    |                    | 60                 |                    |         |                           |
| Início                 | 10h00 |         |                    |                    | 400%(760L)         |                    |         |                           |
| Fim                    | 10h02 |         |                    |                    |                    |                    |         |                           |
| Tempo de enchimento(s) | 120   |         |                    |                    | 674                |                    |         |                           |
| T(°C)                  |       |         |                    |                    | 20                 |                    |         |                           |
| Início                 | 10h10 |         |                    |                    |                    |                    |         | 200%(2200L)               |
| Fim                    | 10h16 |         |                    |                    |                    |                    |         |                           |
| Tempo de enchimento(s) | 360   |         |                    |                    |                    |                    |         | 3244                      |
| T(°C)                  |       |         |                    |                    |                    |                    |         | 40                        |
| Início                 | 11h05 |         | 200%(1200L)        |                    |                    |                    |         |                           |
| Fim                    | 11h09 |         |                    |                    |                    |                    |         |                           |

|                        |       |      |             |
|------------------------|-------|------|-------------|
| Tempo de enchimento(s) | 240   | 1348 |             |
| T(°C)                  |       | 20   |             |
| Início                 | 12h25 |      | 300%(1980L) |
| Fim                    | 12h30 |      |             |
| Tempo de enchimento(s) | 300   | 1686 |             |
| T(°C)                  |       | 40   |             |
| Início                 | 13h16 |      | 200%(2200L) |
| Fim                    | 13h22 |      |             |
| Tempo de enchimento(s) | 360   |      | 3244        |
| T(°C)                  |       |      | 40          |
| Início                 | 13h43 |      | 50%(550L)   |
| Fim                    | 13h45 |      |             |
| Tempo de enchimento(s) | 90    |      | 811         |
| T(°C)                  |       |      | 35          |
| Início                 | 13h52 |      | 300%(1980L) |
| Fim                    | 13h57 |      |             |
| Tempo de enchimento(s) | 300   | 1686 |             |
| T(°C)                  |       | 40   |             |
| Início                 | 14h08 |      | 50%(330L)   |
| Fim                    | 14h08 |      |             |
| Tempo de enchimento(s) | 50    | 281  |             |
| T(°C)                  |       | 35   |             |
| Início                 | 14h45 |      | 300%(1500L) |
| Fim                    | 14h49 |      |             |
| Tempo de enchimento(s) | 270   |      | 1517        |
| T(°C)                  |       |      | 50          |
| Início                 | 15h13 |      | 250%(1250L) |
| Fim                    | 15h17 |      |             |
| Tempo de enchimento(s) | 240   |      | 1348        |
| T(°C)                  |       |      | 50          |
| Início                 | 17h30 |      | 150%(990L)  |
| Fim                    | 17h33 |      |             |
| Tempo de enchimento(s) | 180   | 1011 |             |
| T(°C)                  |       | 80   |             |

Tabela B.58. Solicitações de água no processo da tinturaria no dia 7.02.09

|                        | Tempo | Fulão 1 | Fulão 2 | Fulão 3<br>(660kg) | Fulão 4<br>(500kg) | Fulão 5 | Fulão 6 | Fulão Curtume<br>(1100kg) |
|------------------------|-------|---------|---------|--------------------|--------------------|---------|---------|---------------------------|
| Início                 | 8h00  |         |         | 200%(1320L)        |                    |         |         |                           |
| Fim                    | 8h04  |         |         |                    |                    |         |         |                           |
| Tempo de enchimento(s) | 240   |         |         | 1348               |                    |         |         |                           |
| T(°C)                  |       |         |         | 20                 |                    |         |         |                           |
| Início                 | 8h10  |         |         |                    |                    |         |         | 200%(2200L)               |
| Fim                    | 8h16  |         |         |                    |                    |         |         |                           |
| Tempo de enchimento(s) | 360   |         |         |                    |                    |         |         | 3244                      |
| T(°C)                  |       |         |         |                    |                    |         |         | 30                        |
| Início                 | 8h25  |         |         |                    |                    |         |         | 200%(2200L)               |
| Fim                    | 8h31  |         |         |                    |                    |         |         |                           |
| Tempo de enchimento(s) | 360   |         |         |                    |                    |         |         | 3244                      |
| T(°C)                  |       |         |         |                    |                    |         |         | 30                        |
| Início                 | 10h00 |         |         |                    | 100%(500kg)        |         |         |                           |
| Fim                    | 10h02 |         |         |                    |                    |         |         |                           |
| Tempo de enchimento(s) | 120   |         |         |                    | 674                |         |         |                           |
| T(°C)                  |       |         |         |                    | 50                 |         |         |                           |
| Início                 | 10h30 |         |         |                    |                    |         |         | 100%(1100L)               |
| Fim                    | 10h35 |         |         |                    |                    |         |         |                           |
| Tempo de enchimento(s) | 300   |         |         |                    |                    |         |         | 2704                      |
| T(°C)                  |       |         |         |                    |                    |         |         | 30                        |

Tabela B.59. Solicitações de água no processo da tinturaria no dia 9.02.09

|                        | Tempo | Fulão 1 | Fulão 2 | Fulão 3 | Fulão 4<br>(500kg) | Fulão 5<br>(65kg) | Fulão 6 | Fulão Curtume<br>(1100kg) |
|------------------------|-------|---------|---------|---------|--------------------|-------------------|---------|---------------------------|
| Início                 | 7h55  |         |         |         |                    |                   |         | 200%(2200L)               |
| Fim                    | 8h01  |         |         |         |                    |                   |         |                           |
| Tempo de enchimento(s) | 360   |         |         |         |                    |                   |         | 3244                      |
| T(°C)                  |       |         |         |         |                    |                   |         | 30                        |

|                        |       |  |  |             |            |             |
|------------------------|-------|--|--|-------------|------------|-------------|
| Início                 | 8h30  |  |  |             |            |             |
| Fim                    | 8h32  |  |  |             | 500%(325L) |             |
| Tempo de enchimento(s) | 120   |  |  |             | 674        |             |
| T(°C)                  |       |  |  |             | 20         |             |
| Início                 | 9h00  |  |  |             |            | 300%(3300L) |
| Fim                    | 9h10  |  |  |             |            |             |
| Tempo de enchimento(s) | 600   |  |  |             |            | 5407        |
| T(°C)                  |       |  |  |             |            | 20          |
| Início                 | 9h20  |  |  | 200%(1000L) |            |             |
| Fim                    | 9h23  |  |  |             |            |             |
| Tempo de enchimento(s) | 180   |  |  | 1011        |            |             |
| T(°C)                  |       |  |  | 50          |            |             |
| Início                 | 14h42 |  |  | 200%(1000L) |            |             |
| Fim                    | 14h45 |  |  |             |            |             |
| Tempo de enchimento(s) | 180   |  |  | 1011        |            |             |
| T(°C)                  |       |  |  | 50          |            |             |
| Início                 | 16h36 |  |  | 300%(1500L) |            |             |
| Fim                    | 16h41 |  |  |             |            |             |
| Tempo de enchimento(s) | 300   |  |  | 1686        |            |             |
| T(°C)                  |       |  |  | 50          |            |             |
| Início                 | 17h30 |  |  | 150%(750L)  |            |             |
| Fim                    | 17h32 |  |  |             |            |             |
| Tempo de enchimento(s) | 120   |  |  | 674         |            |             |
| T(°C)                  |       |  |  | 20          |            |             |

Tabela B.60. Solicitações de água no processo da tinturaria no dia 10.02.09

|                        | Tempo | Fulão 1<br>(400kg) | Fulão 2<br>(250kg) | Fulão 3<br>(200 kg) | Fulão4<br>(250kg) | Fulão 5<br>(65kg) | Fulão 6 |
|------------------------|-------|--------------------|--------------------|---------------------|-------------------|-------------------|---------|
| Início                 | 7h30  |                    |                    |                     |                   |                   |         |
| Fim                    | 7h35  | 400%(1600L)        |                    |                     |                   |                   |         |
| Tempo de enchimento(s) | 300   | 1686               |                    |                     |                   |                   |         |
| T(°C)                  |       | 35                 |                    |                     |                   |                   |         |

|                        |       |             |  |
|------------------------|-------|-------------|--|
| Inicio                 | 8h40  | 300%(1200L) |  |
| Fim                    | 8h43  |             |  |
| Tempo de enchimento(s) | 180   | 1011        |  |
| T(°C)                  |       | 35          |  |
| Inicio                 | 9h00  | 100%(400kg) |  |
| Fim                    | 9h01  |             |  |
| Tempo de enchimento(s) | 60    | 337         |  |
| T(°C)                  |       | 25          |  |
| Inicio                 | 10h26 | 200%(400L)  |  |
| Fim                    | 10h27 |             |  |
| Tempo de enchimento(s) | 60    | 337         |  |
| T(°C)                  |       | 40          |  |
| Inicio                 | 10h48 | 500%(325L)  |  |
| Fim                    | 10h49 |             |  |
| Tempo de enchimento(s) | 60    | 337         |  |
| T(°C)                  |       | 45          |  |
| Inicio                 | 10h56 | 400%(1000L) |  |
| Fim                    | 10h59 |             |  |
| Tempo de enchimento(s) | 180   | 1011        |  |
| T(°C)                  |       | 20          |  |
| Inicio                 | 12h19 | 400%(1000L) |  |
| Fim                    | 12h22 |             |  |
| Tempo de enchimento(s) | 180   | 1011        |  |
| T(°C)                  |       | 40          |  |
| Inicio                 | 12h24 | 500%(325L)  |  |
| Fim                    | 12h25 |             |  |
| Tempo de enchimento(s) | 60    | 337         |  |
| T(°C)                  |       | 20          |  |
| Inicio                 | 12h30 | 400%(1000L) |  |
| Fim                    | 12h34 |             |  |
| Tempo de enchimento(s) | 240   | 1348        |  |
| T(°C)                  |       | 20          |  |
| Inicio                 | 13h21 | 500%(1250L) |  |

|                        |       |             |             |
|------------------------|-------|-------------|-------------|
| Fim                    | 13h25 |             |             |
| Tempo de enchimento(s) | 240   |             | 1348        |
| T(°C)                  |       |             | 60          |
| Inicio                 | 13h40 |             | 500%(1250L) |
| Fim                    | 13h44 |             |             |
| Tempo de enchimento(s) | 240   |             | 1348        |
| T(°C)                  |       |             | 60          |
| Inicio                 | 15h16 | 150%(600L)  |             |
| Fim                    | 15h18 |             |             |
| Tempo de enchimento(s) | 120   |             | 674         |
| T(°C)                  |       |             | 70          |
| Inicio                 | 16h26 | 300%(1200L) |             |
| Fim                    | 16h30 |             |             |
| Tempo de enchimento(s) | 240   |             | 1348        |
| T(°C)                  |       |             | 60          |
| Inicio                 | 16h41 | 300%(1200L) |             |
| Fim                    | 16h45 |             |             |
| Tempo de enchimento(s) | 240   |             | 1348        |
| T(°C)                  |       |             | 60          |
| Inicio                 | 18h00 |             | 200%(500L)  |
| Fim                    | 18h02 |             |             |
| Tempo de enchimento(s) | 120   |             | 674         |
| T(°C)                  |       |             | 60          |
| Inicio                 | 18h05 |             | 300%(750L)  |
| Fim                    | 18h08 |             |             |
| Tempo de enchimento(s) | 180   |             | 1011        |
| T(°C)                  |       |             | ambiente    |
| Inicio                 | 18h30 |             | 300%(750L)  |
| Fim                    | 18h33 |             |             |
| Tempo de enchimento(s) | 180   |             | 1011        |
| T(°C)                  |       |             | 40          |



Tabela B.61. Solicitações de água no processo da tinturaria no dia 11.02.09

|                        | Tempo | Fulão 1<br>(400kg) | Fulão 2<br>(250kg) | Fulão3<br>(650kg) | Fulão 4<br>(250kg) | Fulão 5<br>(200kg) | Fulão 6 |
|------------------------|-------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|---------|
| Início                 | 7h40  | 300%(1200L)        |                    |                   |                    |                    |         |
| Fim                    | 7h44  |                    |                    |                   |                    |                    |         |
| Tempo de enchimento(s) | 240   | 1348               |                    |                   |                    |                    |         |
| T(°C)                  |       | 40                 |                    |                   |                    |                    |         |
| Início                 | 8h15  | 300%(1200L)        |                    |                   |                    |                    |         |
| Fim                    | 8h19  |                    |                    |                   |                    |                    |         |
| Tempo de enchimento(s) | 240   | 1348               |                    |                   |                    |                    |         |
| T(°C)                  |       | 40                 |                    |                   |                    |                    |         |
| Início                 | 9h00  | 300%(750L)         |                    |                   |                    |                    |         |
| Fim                    | 9h02  |                    |                    |                   |                    |                    |         |
| Tempo de enchimento(s) | 120   | 674                |                    |                   |                    |                    |         |
| T(°C)                  |       | 20                 |                    |                   |                    |                    |         |
| Início                 | 9h30  | 300%(750L)         |                    |                   |                    |                    |         |
| Fim                    | 9h32  |                    |                    |                   |                    |                    |         |
| Tempo de enchimento(s) | 120   | 674                |                    |                   |                    |                    |         |
| T(°C)                  |       | 20                 |                    |                   |                    |                    |         |
| Início                 | 9h45  | 300%(600L)         |                    |                   |                    |                    |         |
| Fim                    | 9h47  |                    |                    |                   |                    |                    |         |
| Tempo de enchimento(s) | 120   | 674                |                    |                   |                    |                    |         |
| T(°C)                  |       | 20                 |                    |                   |                    |                    |         |
| Início                 | 9h50  | 300%(750L)         |                    |                   |                    |                    |         |
| Fim                    | 9h53  |                    |                    |                   |                    |                    |         |
| Tempo de enchimento(s) | 180   | 1011               |                    |                   |                    |                    |         |
| T(°C)                  |       | 20                 |                    |                   |                    |                    |         |
| Início                 | 10h42 | 300%(1200L)        |                    |                   |                    |                    |         |
| Fim                    | 10h46 |                    |                    |                   |                    |                    |         |
| Tempo de enchimento(s) | 240   | 1348               |                    |                   |                    |                    |         |
| T(°C)                  |       | 40                 |                    |                   |                    |                    |         |
| Início                 | 11h30 | 300%(1200L)        |                    |                   |                    |                    |         |
| Fim                    | 11h34 |                    |                    |                   |                    |                    |         |

|                        |       |      |             |
|------------------------|-------|------|-------------|
| Tempo de enchimento(s) | 240   | 1348 |             |
| T(°C)                  |       | 60   |             |
| Início                 | 11h48 |      | 300%(1950L) |
| Fim                    | 11h54 |      |             |
| Tempo de enchimento(s) | 360   | 2023 |             |
| T(°C)                  |       | 40   |             |
| Início                 | 14h14 |      | 300%(1950L) |
| Fim                    | 14h20 |      |             |
| Tempo de enchimento(s) | 360   | 2023 |             |
| T(°C)                  |       | 40   |             |
| Início                 | 14h43 |      | 350%(2275L) |
| Fim                    | 14h50 |      |             |
| Tempo de enchimento(s) | 420   | 2360 |             |
| T(°C)                  |       | 40   |             |

Tabela B.62. Solicitações de água no processo da tinturaria no dia 12.02.09

|                        | Tempo | Fulão 1 | Fulão 2 | Fulão 3<br>(650kg) | Fulão 4 | Fulão 5 | Fulão 6 |
|------------------------|-------|---------|---------|--------------------|---------|---------|---------|
| Início                 | 7h41  |         |         | 200%(1300L)        |         |         |         |
| Fim                    | 7h45  |         |         |                    |         |         |         |
| Tempo de enchimento(s) | 240   |         |         | 1348               |         |         |         |
| T(°C)                  |       |         |         | 40                 |         |         |         |
| Início                 | 10h00 |         |         | 250%(1650L)        |         |         |         |
| Fim                    | 10h05 |         |         |                    |         |         |         |
| Tempo de enchimento(s) | 300   |         |         | 1686               |         |         |         |
| T(°C)                  |       |         |         | 30                 |         |         |         |
| Início                 | 10h20 |         |         | 100%(650L)         |         |         |         |
| Fim                    | 10h22 |         |         |                    |         |         |         |
| Tempo de enchimento(s) | 120   |         |         | 674                |         |         |         |
| T(°C)                  |       |         |         | 30                 |         |         |         |
| Início                 | 11h50 |         |         | 150%(975L)         |         |         |         |
| Fim                    | 11h53 |         |         |                    |         |         |         |
| Tempo de enchimento(s) | 180   |         |         | 1011               |         |         |         |

|                        |       |             |
|------------------------|-------|-------------|
| T(°C)                  |       | 80          |
| Início                 | 15h34 | 400%(2600L) |
| Fim                    | 15h42 |             |
| Tempo de enchimento(s) | 480   | 2697        |
| T(°C)                  |       | 40          |
| Início                 | 16h50 | 500%(3250L) |
| Fim                    | 17h00 |             |
| Tempo de enchimento(s) | 600   | 3371        |
| T(°C)                  |       | 20          |

Tabela B.63. Consumo total de água no processo da tinturaria do dia 3 ao dia 12 de Fevereiro

| Dia          | Quantidade de Água Consumida (L) |
|--------------|----------------------------------|
| 3.02.09      | 24.495                           |
| 4.02.09      | 18.795                           |
| 5.02.09      | 23.105                           |
| 6.02.09      | 20.052                           |
| 7.02.09      | 12.562                           |
| 9.02.09      | 13.707                           |
| 10.02.09     | 16.177                           |
| 11.02.09     | 14.831                           |
| 12.02.09     | 10.787                           |
| <b>TOTAL</b> | <b>154.511</b>                   |

## Anexo B.6. Resultados obtidos dos sólidos dissolvidos na água da purga e na alimentação

Tabela B.64. Quantidade de sólidos dissolvidos na água da purga

| Cápsula vazia (g) | Cápsula c/ os sólidos dissolvidos (g) | Diferença (g) | Sólidos dissolvidos na água (mg/L) |
|-------------------|---------------------------------------|---------------|------------------------------------|
| 76,2248           | 76,8492                               | 0,6244        | 31220                              |
| 80,9256           | 81,6189                               | 0,6933        | 34663                              |
| 74,9489           | 75,6045                               | 0,6556        | 32780                              |
| <b>MÉDIA</b>      |                                       | <b>0,6578</b> | <b>32888</b>                       |

Tabela B.65. Quantidade de sólidos dissolvidos na água da alimentação

| Cápsula vazia (g) | Cápsula c/ os sólidos dissolvidos (g) | Diferença (g) | Sólidos dissolvidos na água (mg/L) |
|-------------------|---------------------------------------|---------------|------------------------------------|
| 77,9723           | 77,9761                               | 0,0038        | 190                                |
| 57,5438           | 57,5471                               | 0,0033        | 167                                |
| 128,6836          | 128,6865                              | 0,0029        | 145                                |
| <b>MÉDIA</b>      |                                       | <b>0,0033</b> | <b>167</b>                         |

## Anexo C. Exemplos de cálculo

### Anexo C.1. Diagnostico energético

Determinação da energia térmica nos fulões dos processos da Ribeira, Curtume e Tinturaria:

$$E_T = \dot{m} \times \bar{C}_p \times (T_i - 20)$$

Exemplo processo da ribeira primeira etapa:

$$E_T = \dot{m}_R \times \bar{C}_p \times (T_i - 20)$$

$$\dot{m}_R = 7,3740 \left( \frac{kJ}{kg} \right)$$

$$Cp_{20^\circ C} = 4,186 \left( \frac{kJ}{kg \times ^\circ C} \right)$$

$$Cp_{28^\circ C} = 4,181 \left( \frac{kJ}{kg \times ^\circ C} \right)$$

$$C\bar{p} = 4,1835 \left( \frac{kJ}{kg \times ^\circ C} \right)$$

$$E_T = 7,3740 \left( \frac{kg}{s} \right) \times (15 \times 60)(s) \times 4,1835 \left( \frac{kJ}{kg \times ^\circ C} \right) \times (28 - 20)(^\circ C) = 222.114(kJ)$$

Assumindo um rendimento térmico de 73,5%, obtido do seguinte modo:

Rendimento da caldeira + Perdas nas tubagens e no permutador (\*) = 78,5% + 5% = 73,5%

Portanto a energia térmica será:

$$E_T = \frac{222.114}{73,5\%} = 302.196(kJ)$$

(\*) Valor aconselhado pelo Engº Belmiro Crispim, responsável pela utilização de energia na empresa *Monteiro Ribas, SA*

### Determinação da energia eléctrica:

$$E_E = P_i \times \cos \varphi \times t_i$$

#### Exemplo máquina de descarna

Considerando  $\cos \varphi = 0,8$  e  $t_i = 2,4097h$

$$E_E = 72,88(kW) \times 0,8 \times 2,409(h) = 140,4 kWh$$

Tabela C.1 Conversão de energia para toneladas equivalentes de petróleo (tep)

| Forma de Energia  | Unidade | tep (RGCE) |
|-------------------|---------|------------|
| Energia Eléctrica | kWh     | 0,00029    |
| Fuel óleo         | ton     | 0,969      |
| Gasóleo           | ton     | 1,045      |

Exemplo total de tep para o processo da Ribeira

$$E_T = \frac{1.099.934(kJ)}{40.570\left(\frac{kJ}{kg}\right)} \times \frac{1(ton)}{1000(kg)} \times 0,969\left(\frac{tep}{ton}\right) = 0,0263(tep)$$

$$E_E = 200,6(kWh) \times \frac{0,00029(tep)}{1(kWh)} = 0,0582(tep)$$

$$0,0263(tep) + 0,0582(tep) = 0,0845(tep)$$

### Determinação de energia térmica do secador de vazio

Devido à dificuldade de determinação de energia térmica no secador de vazio, uma vez que a recolha de condensados é totalmente impossível, o valor da energia térmica foi estimado pela quantidade de água evaporada, em excesso, das peles e pelo valor do calor latente de vaporização:

#### Exemplo Nubuck (15-17)

As condições de operação do secador de vazio são  $T=60^{\circ}C$ , durante 3 minutos para este tipo de pele. A quantidade média de água evaporada é 1,0833 kg e calor latente de

vaporização é  $2358,47\left(\frac{kJ}{kg}\right)$ <sup>[6]</sup> para  $60^{\circ}C$

$$E_T = \lambda_{T=60^{\circ}C} \times m_{\text{água}} \Leftrightarrow E_T = 2358,47\left(\frac{kJ}{kg}\right) \times 1,0833(kg) = 2555(kJ)$$

Considerando que o rendimento térmico de 73,5% e assumindo uma base de cálculo de 175 meios, correspondente a 3000 ft<sup>2</sup>, o valor da energia térmica será:

$$\frac{2555,0(kJ)}{73,5\%} \times 175(\text{meios}) = 608.333(kJ)$$

$$PCI = 40.570 \left( \frac{kJ}{kg} \right)$$

A quantidade de nafta consumida será portanto

$$m_n = \frac{608.333}{40.570,00} = 14,9947(kg)$$

A conversão em tep :

$$\frac{14,9947}{1000}(ton) \times 0,969 = 0,0145(tep)$$

#### Determinação de Energia Eléctrica

Sabendo que o tempo de permanência de cada pele é 3 minutos no secador de vazio e que cada tabuleiro pode suportar até dois meios de pele:

$$E_E = \frac{18,55(kW) \times (175) \times 3(\text{min})}{2 \times 60} \times 0,8 = 64,9(kWh)$$

#### **Determinação da energia térmica e eléctrica na estufa de secagem**

Sabendo que o processo de secagem é aproximadamente 24 horas e que a caldeira trabalha 1h e pára 2h.

O consumo de combustível da caldeira é 3L por hora portanto durante o processo de secagem na estufa a caldeira consumo 24L

Conversão tonelada equivalente de petróleo

$$24(L) \times 900 \left( \frac{kg}{m^3} \right) \times \frac{1}{1000} \left( \frac{m^3}{dm^3} \right) \times \frac{1}{1000} \left( \frac{kg}{ton} \right) \times 1,045 \left( \frac{tep}{ton} \right) = 0,0226(tep)$$

## Determinação de Energia Eléctrica

Tabela C.2. Potência eléctrica instalada nos equipamentos constituintes da estufa de secagem

| Equipamento      | Potência eléctrica instalada<br>(kW) | Período de funcionamento<br>(h) |
|------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| Desumidificador  | 7,22                                 | 24                              |
| Desumidificador  | 7,22                                 | 24                              |
| Caldeira         | 5,72                                 | 8                               |
| Transporte Areio | 1,5                                  | 24                              |

$$E_E = (((7,22 + 7,22) \times 24) + ((0,22 + 5,5) \times 8) + (1,5 \times 24)) \times 0,8 = 342,66(kWh)$$

$$E_E = 342,6 \times 0,00029 = 0,0994 tep$$

## Determinação da Energia Térmica e Eléctrica na Estufa Giratória

Através do anemómetro de turbina foi determinado a velocidade à qual o ar entra na estufa giratória. Com a velocidade do ar pela área da entrada do ar foi determinado o caudal volumétrico de ar:

$$A_{entrada} = 0,074375 m^2, \text{ existe duas entradas iguais de ar}$$

$$\text{A média da velocidade do ar é : } v = 6,8244 \left( \frac{m}{s} \right)$$

$$\dot{V} = 0,074375 (m^2) \times 6,8244 \left( \frac{m}{s} \right) = 0,5069 \left( \frac{m^3}{s} \right)$$

A determinação da entalpia de entrada ( $H_e$ ) e de saída ( $H_s$ ) foi determinada pelo seguinte modo:

$$H_e = Cp_e \times (T_e - 0) + \lambda_{T=0^\circ C} \times ye_e$$

$$H_s = Cp_s \times (T_s - 0) + \lambda_{T=0^\circ C} \times ye_s$$

O valor de  $\bar{Cp}_e$  e  $\bar{Cp}_s$

$$\bar{Cp} = Cp_{gás} + (ye_e \times Cp_{vapor})$$



### Exemplo:

Tabela C.3 Temperatura, humidade relativa, humidade molar e humidade específica na entrada e saída do ar da estufa giratória

| $T_e(^{\circ}\text{C})$ | $yr_e(\%)$ | $ym_e(^{*})$ | $ye_e$ | $T_s(^{\circ}\text{C})$ | $yr_s(\%)$ | $ym_s(^{*})$ | $ye_s$ |
|-------------------------|------------|--------------|--------|-------------------------|------------|--------------|--------|
| 22,1                    | 62         | 0,016        | 0,0099 | 53                      | 25,8       | 0,041        | 0,0254 |

\* Valor determinado pela carta de humidade do ar, através das propriedades temperatura de termómetro seco e humidade relativa

Sabendo que o calor latente de vaporização para a temperatura de referência que neste caso é zero é :  $\lambda_{T=0^{\circ}\text{C}} = 2501,4 \left( \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right)$ , o valor do  $\bar{C}_{p_e}$  e  $\bar{C}_{p_s}$  é respectivamente:

$$C_{p_e} = 1 + (0,0099 \times 4,18) = 1,0414 \left( \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \right)$$

$$C_{p_s} = 1 + (0,041 \times 4,18) = 1,1062 \left( \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \right)$$

$$H_e = 1,0414 \times (22,1 - 0) + 2501,4 \times 0,0099 = 47,7788 \left( \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right)$$

$$H_s = 1,1062 \times (53 - 0) + 2501,4 \times 0,0254 = 122,1627 \left( \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right)$$

$$Q = \left( 122,1627 \left( \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) - 47,7788 \left( \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) \right) \times 0,5069 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) \times 1,196 \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = 45,0954 (\text{kJ})$$

Como existem duas entradas a energia térmica será :  $90,19 \left( \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right)$

### Anexo C.2. Sistema de controlo

#### Determinação da entalpia da mistura no processo da tinturaria

$$Q = H_{T=T_i} - H_{T=0}$$

Sabendo que a temperatura de referência é  $0^{\circ}\text{C}$  e que  $Q = mC_p(T - 0)$ ,

$$H_m = \dot{m}_{pT} \times \bar{C}_{p_m} \times (T_i - 0)$$

Para o dia 10.02.09, solicitação 13h21-13h25 que apresenta uma temperatura de trabalho é 60°C:

$$\dot{m}_{PT} = 5,6184 \left( \frac{kg}{s} \right)$$

$$Cp_{T=60^{\circ}c} = 4,17908 \left( \frac{kJ}{kg \times ^{\circ}C} \right)$$

$$H_m = 5,6184 \left( \frac{kg}{s} \right) \times 4,17908 \left( \frac{kJ}{kg \times ^{\circ}C} \right) \times (60 - 0)^{\circ}C \Leftrightarrow H_m = 1.408,7801 \left( \frac{kJ}{s} \right) \Rightarrow 1,4 \times 10^3 \left( \frac{kJ}{s} \right)$$

**Determinação da quantidade de água quente e fria para obter a temperatura de trabalho pretendida**

Balanço de energia à válvula misturadora:

$$H_m = H_q + H_f \Leftrightarrow H_m = \dot{m}_f \times \bar{Cp}_f \times (20 - 0) + \dot{m}_q \times \bar{Cp}_q \times (80 - 0)$$

Balanço de massa à válvula misturadora:

$$\dot{m}_{PT} = \dot{m}_q + \dot{m}_f$$

Sistema de equações com os dois balanços

$$\begin{cases} \dot{m}_{PT} = \dot{m}_f + \dot{m}_q \\ H_m = \dot{m}_q \times \bar{Cp}_q \times (80 - 0) + \dot{m}_f \times \bar{Cp}_f \times (20 - 0) \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \dot{m}_q = \dot{m}_{PT} - \dot{m}_f \\ \text{_____} \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\begin{cases} \text{_____} \\ H_m = (\dot{m}_{PT} - \dot{m}_f) \times \bar{Cp}_q \times (80 - 0) + \dot{m}_f \times \bar{Cp}_f \times (20 - 0) \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\left\{ \frac{H_m - (\dot{m}_{PT} \times C_{p_q} \times 80)}{(C_{p_f} \times 20) - (C_{p_q} \times 80)} = \dot{m}_f \right.$$

Para o dia 10.02.09, solicitação 13h21-13h25 que apresenta uma temperatura de trabalho é 60°C:

$$\dot{m}_{PT} = 5,6184 \left( \frac{kg}{s} \right)$$

$$C_{p_{T=80^\circ c}} = 4,18636 \left( \frac{kJ}{kg \times ^\circ C} \right)$$

$$C_{p_{T=20^\circ c}} = 4,18564 \left( \frac{kJ}{kg \times ^\circ C} \right)$$

Como determinado previamente para o dia 10.02.09, solicitação 13h21-13h25,

$$H_m = 1.408,7801 \left( \frac{kJ}{s} \right)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 5,6184 = \dot{m}_f + \dot{m}_q \\ 1408,7801 = \dot{m}_q \times 4,18636 \times 80 + \dot{m}_f \times 4,18564 \times 20 \end{array} \right. \Leftrightarrow$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{m}_q = 3,7359 \left( \frac{kg}{s} \right) \\ \dot{m}_f = 1,8825 \left( \frac{kg}{s} \right) \end{array} \right.$$

### Determinação da potência térmica necessária

Determinação da potência térmica necessária no permutador de placas de modo a satisfazer as condições de trabalho

$$\dot{q} = \dot{m}_q \times \bar{C}_p \times (80 - 20)$$

Para o dia 10.02.09, solicitação 13h21-13h25:

$$Cp_{T=80^{\circ}c} = 4,18636 \left( \frac{kJ}{kg \times ^{\circ}C} \right)$$

$$Cp_{T=20^{\circ}c} = 4,18564 \left( \frac{kJ}{kg \times ^{\circ}C} \right)$$

$$\bar{Cp} = 4,19012 \left( \frac{kJ}{kg \times ^{\circ}C} \right)$$

Como determinado previamente  $m_q = 1,8825 \left( \frac{kg}{s} \right)$

$$\dot{q} = 1,8825 \left( \frac{kg}{s} \right) \times 4,19012 \left( \frac{kJ}{kg \times ^{\circ}C} \right) \times (80 - 20)(^{\circ}C) \Leftrightarrow \dot{q} = 939,0586 \left( \frac{kJ}{s} \right) \Rightarrow 939 \left( \frac{kJ}{s} \right)$$

$$\dot{q} = 939 \left( \frac{kJ}{s} \right) > \dot{q}_{m\acute{a}x} = 523 \left( \frac{kJ}{s} \right)$$

**Determinação do número de placas para o permutador de placas adaptado ao sistema de controlo a implementar**

Determinação da diferença média de temperaturas de transferência para uma só passagem em contra-corrente:

$$\Delta T_m = \frac{(T_{qe} - T_{fs}) - (T_{qs} - T_{fe})}{\ln \left( \frac{(T_{qe} - T_{fs})}{(T_{qs} - T_{fe})} \right)}$$

Utilizando a condição que foi empregada pelo fornecedor do equipamento para projectar o programa térmico:

Tabela C.4. Programa térmico do permutador de placas

| $T_{qe} (^{\circ}C)$ | $T_{qs} (^{\circ}C)$ | $T_{fe} (^{\circ}C)$ | $T_{fs} (^{\circ}C)$ |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 143                  | 143                  | 40                   | 80                   |

$$\Delta T_m = \frac{(143 - 80) - (143 - 40)}{\ln\left(\frac{(143 - 80)}{(143 - 40)}\right)} = 81,3679(^{\circ}C)$$

Sabendo que as dimensões de uma placa é dada por:

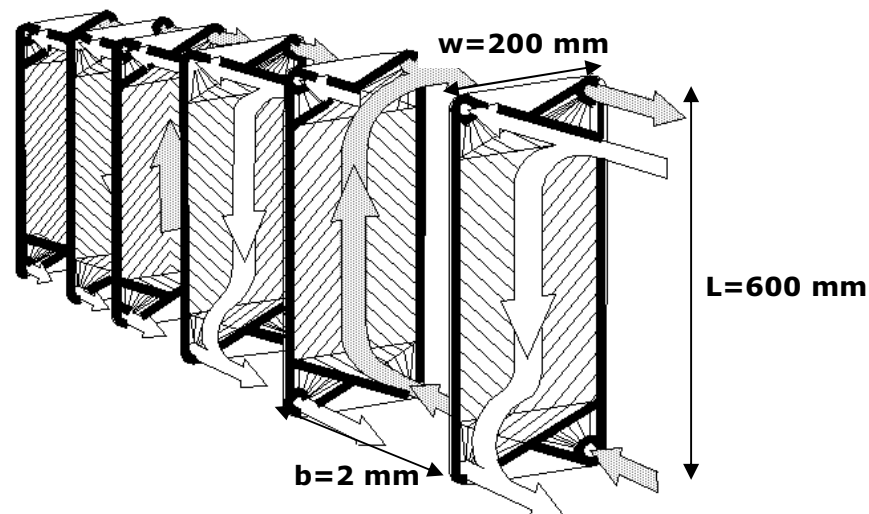


Figura C.1. Dimensões das placas do permutador

A área projectada por uma placa,  $a$ , é :

$$a = w \times L \Leftrightarrow a = 200 \times 600 = 120000 \text{ mm}^2 \Rightarrow 0,120 \text{ m}^2$$

Logo a área de transferência de calor é calculada por:

$$A = N \times a = (25 - 2) \times 0,120 = 2,76 \text{ m}^2 \Rightarrow 2,8 \text{ m}^2$$

Aplicando a equação geral que representa a transferência de calor de uma superfície para a outra, o valor do coeficiente global de transferência de calor,  $U$ , para estas condições será:

$$\dot{q} = F \times U \times A \times \Delta T_m \Leftrightarrow U = \frac{\dot{q}}{F \times A \times \Delta T_m}$$

Substituindo pelos valores:

$$\dot{q} = q_{m\acute{a}x} = 450.000 \left( \frac{kcal}{h} \right) \Rightarrow 523 \left( \frac{kJ}{s} \right)$$

$$A = 2,76m^2$$

$$\Delta T_m = 81,3679(^{\circ}C)$$

Para o valor do factor de correcção da diferença de temperaturas em média logarítmica, F, vai ser considerado o valor de 0,942 <sup>[10]</sup>, para N <50 e número impar de placas.

$$U = \frac{523}{0,942 \times 2,76 \times 81,3679} = 2,4722 \left( \frac{kJ}{s \times ^{\circ}C \times m^2} \right) \Rightarrow 2,5 \left( \frac{kJ}{s \times ^{\circ}C \times m^2} \right)$$

Com o valor do coeficiente global de transferência de calor e considerando que mesmo mudando as condições de temperatura do fluido frio de entrada para 20°C não ocorre variações significativas e considerando o mesmo valor de F, foi determinado a área de transferência de calor ideal para o valor de maior potência térmica obtida que foi  $939,0586 \left( \frac{kJ}{s} \right) \Rightarrow 939 \left( \frac{kJ}{s} \right)$ :

$$\Delta T_m = \frac{(143 - 80) - (143 - 20)}{\ln \left( \frac{(143 - 80)}{(143 - 20)} \right)} = 85,6794(^{\circ}C)$$

$$\dot{q} = F \times U \times A \times \Delta T_m \Leftrightarrow A = \frac{\dot{q}}{F \times U \times \Delta T_m} = \frac{939,0586}{0,942 \times 2,4722 \times 85,6794} = 4,49635m^2 \Rightarrow 4,5m^2$$

Substituindo na formula

$$A = N \times a = (N - 2) \times 0,120 = 4,49635m^2 \Leftrightarrow N = 39,469604 \text{ placas}$$

Portanto para garantir que as condições de trabalho com o novo sistema de controlo estão asseguradas, o número de placas necessário será 40 placas.

### Determinação da pressão de vapor no permutador de placas

A pressão de vapor actualmente no processo da tinturaria encontrava-se a 3 bar, pressão manométrica, no entanto se a pressão de vapor aumentar a potência térmica também vai aumentar e poderá corresponder às exigências no novo sistema de controlo.

Se a pressão manométrica estiver no limite máximo possível que é 7bar, correspondendo a uma pressão absoluta de 8bar, a temperatura de saturação é 170,4°C

Determinação da diferença média de temperaturas, para a entrada do fluido frio a 20°C, será:

$$\Delta T_m = \frac{(170,4 - 80) - (170,4 - 20)}{\ln\left(\frac{(170,4 - 80)}{(170,4 - 20)}\right)} = 117,8657(^{\circ}C)$$

Aproximando que o valor de U para esta situação, ao valor de U obtido anteriormente para a pressão manométrica de 3 bar:

$$U = 2,4722\left(\frac{kJ}{s \times ^{\circ}C \times m^2}\right) \Rightarrow 2,5\left(\frac{kJ}{s \times ^{\circ}C \times m^2}\right)$$

O valor da potência térmica será:

$$\dot{q} = F \times U \times A \times \Delta T_m = 0,92 \times 2,4722 \times 2,76 \times 117,8657 \Leftrightarrow \dot{q} = 757,5927\left(\frac{kJ}{s}\right) \Rightarrow 758\left(\frac{kJ}{s}\right)$$

Como o maior valor da potência térmica obtida foi de  $939\left(\frac{kJ}{s}\right)$ , portanto aumentando a pressão manométrica do vapor não satisfaz os requisitos a quando da implementação do Sistema de controlo

### Anexo C.3. Recurtume compacto

## Determinação da energia (kWh) despendida no processo compacto e no processo normal

### Consumidos no tratamento de efluentes

Tabela C.5. Despesas económicas associadas aos tratamentos de efluentes

| Encargos  | Custos mensais (€) |
|---|--------------------|
| Coagulante  | 30,00              |
| Floculante  | 1.380,00           |
| Oxigénio líquido  | 700,00             |
| Tratamento das lamas<br>(Inclui armazenamento, transporte e aterro) | 750,00             |
| Electricidade   | 749,49             |
| Amortização do equipamento  | 1.000,00           |
| Salário Operador  | 700,00             |
| <b>TOTAL</b>  | <b>5.609,49</b>    |

Sabendo que por mês são tratados 1.800.000,00 m<sup>3</sup> de água, então por cada m<sup>3</sup> de água é consumido:

$$\frac{5.609,49 \left( \frac{\text{€}}{\text{mês}} \right)}{1.800 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{mês}} \right)} = 3,1164 \left( \frac{\text{€}}{\text{m}^3} \right)$$

### Recurtume compacto

Sabendo que para 8kg de pele são subordinados 62L, então para o ano 2008, com 226.413,00 kg, seriam usados:

$$226.413(\text{kg}) \times \frac{62}{8} \left( \frac{\text{L}}{\text{kg}} \right) = 1.754.700(\text{L})$$

Sabendo que por cada efluente tratado na ETAR o custo é  $3,1164 \left( \frac{\text{€}}{\text{m}^3} \right)$

Portanto com esta quantidade de água o custo de tratamento será:



$$\frac{1.754.700}{1000}(m^3) \times 3,1164 \left( \frac{\text{€}}{m^3} \right) = 5.468,35\text{€}$$

### Recurtume normal

Sabendo que para 8kg de pele são subordinados 96L, então para o ano 2008, com 226.413 kg, seriam usados:

$$226.413(kg) \times \frac{96}{8} \left( \frac{L}{kg} \right) = 2.716.956(L)$$

Sabendo que por cada efluente tratado na ETAR o custo é  $3,1164 \left( \frac{\text{€}}{m^3} \right)$

Portanto com esta quantidade de água o custo de tratamento será:

$$\frac{2.716.956}{1000}(m^3) \times 3,1164 \left( \frac{\text{€}}{m^3} \right) = 8.467,12\text{€}$$

Portanto o uso do recurtume compacto proporcionará uma diminuição de  $8.467,12\text{€} - 5.468,35\text{€} = 2.998,76\text{€/ano}$

### Energia Eléctrica

#### Recurtume compacto

Sabendo que o tempo de laboração associado a um recurtume compacto é de 375 min e sabendo que a potência dos fulões de todos os fulões é 22kW:

$$E_e = \left( \frac{375}{60} \right) (h) \times 22(kW) \times 0,8 \Leftrightarrow E_e = 110(kWh)$$

Tendo como referencia o ano 2008 em que a massa das peles sujeitas ao processo de recurtume foi 226.413 kg, correspondente a 1010 partidas, a energia consumida no ano seria:

$$110 \left( \frac{kWh}{partida} \right) \times 1010(partidas) = 111.100(kWh)$$

Considerando o valor médio do kWh é cerca de 0,065975€ correspondente a:

$$111.100(kWh) \times 0,065975 \left( \frac{\text{€}}{kWh} \right) = 7.329,82\text{€}$$

### Recurtume normal

Sabendo que o tempo de laboração associado a um recurtume compacto é de 690 min e sabendo que a potência dos fulões de todos os fulões é 22kW:

$$E_e = \left( \frac{690}{60} \right) (h) \times 22(kW) \times 0,8 \Leftrightarrow E_e = 202,4(kWh)$$

Tendo como referencia o ano 2008 em que a massa das peles sujeitas ao processo de recurtume foi 226.413 kg, correspondente a 1010 partidas, a energia consumida no ano com um processo normal é:

$$202,4 \left( \frac{kWh}{partida} \right) \times 1010(partidas) = 204.424(kWh)$$

Considerando o valor médio do kWh é cerca de 0,065975€ correspondente a:

$$204.424(kWh) \times 0,065975 \left( \frac{\text{€}}{kWh} \right) = 13.486,87\text{€}$$

Portanto o uso do recurtume compacto proporcionará uma diminuição de  
 $13.486,87\text{€} - 7.329,82\text{€} = 6.157,05\text{€/ano}$

### Energia Térmica

A energia térmica foi determinada em todas as solicitações de água, através de :

$$Q = \dot{m}_T \times \bar{C}_p \times (T_t - 20)$$

### Recurtume compacto

Para a primeira solicitação de água impregnando 24L a 30°C

$$C_{p_{30^\circ\text{C}}} = 4180 \left( \frac{J}{kg \times K} \right)$$

$$Cp_{20^{\circ}C} = 4186 \left( \frac{J}{kg \times K} \right)$$

$$\bar{Cp} = 4183 \left( \frac{J}{kg \times K} \right)$$

$$\rho_{30^{\circ}C} = 995,40 \left( \frac{kg}{m^3} \right)$$

$$Q = \frac{24}{1000} (m^3) \times 995,40 \left( \frac{kg}{m^3} \right) \times 4183 \left( \frac{J}{kg \times ^{\circ}C} \right) \times (30 - 20) (^{\circ}C) = 999.301 (J) \Rightarrow Q = 999,30 (kJ)$$

Se para 8 kg de pele foi impregnado 3.452(kJ) para 226.413 kg será consumido:

$$226.413 (kg) \times \frac{3.452}{8} \left( \frac{kJ}{kg} \right) = 97.697.209 (kJ)$$

Sabendo que:

$$PCI = 40.570 \left( \frac{kJ}{kg} \right)$$

E que o rendimento de energia térmica: 73,5%

Logo as toneladas de Nafta consumida foram:

$$\frac{97.697.209 (kJ)}{40.570 \left( \frac{kJ}{kg} \right) \times 73,5\%} = 3.277 (kg)$$

O custo por ton de nafta consumido foi 412,0168€

Portanto o consumido seria:

$$\frac{3.277}{1000} (ton) \times 412,0168 \left( \frac{€}{ton} \right) = 1.350,18€$$

### Recurtume compacto

Para a primeira solicitação de água impregnando 16L a 40°C

$$Cp_{40^{\circ}C} = 4178 \left( \frac{J}{kg \times K} \right)$$

$$\rho_{40^{\circ}C} = 992,5 \left( \frac{kg}{m^3} \right)$$

$$Q = \frac{16}{1000} (m^3) \times 992,5 \left( \frac{kg}{m^3} \right) \times 4178 \left( \frac{J}{kg \times ^{\circ}C} \right) \times (40 - 20) (^{\circ}C) = 1.326.932 (J)$$

$$Q = 1.326 (kJ)$$

Se para 8 kg de pele foi impregnado um total de 5.766(kJ) para 226.413 kg será consumido:

$$226.413(kg) \times \frac{5.766}{8} \left( \frac{kJ}{kg} \right) = 163.187.169(kJ)$$

Sabendo que:

$$PCI = 40.570 \left( \frac{kJ}{kg} \right)$$

Considerando rendimento térmico da energia de 73,5%

Logo as toneladas de nafta consumida foram:

$$\frac{163.187.169(kJ)}{40.570 \left( \frac{kJ}{kg} \right) \times 73,5\%} = 5.472,60(kg)$$

O custo por ton de nafta consumido foi 412,0168€

Portanto o consumido seria:

$$\frac{5.472}{1000} (ton) \times 412,0168 \left( \frac{€}{ton} \right) = 2.254,80€$$

Portanto o uso do recurtume compacto proporcionará uma diminuição de  
2.254,18€ - 1.350,18€ = 904€/ano

## Anexo C.4. Estufa de Secagem

### Determinação da quantidade de gasóleo consumido

$$A_{\text{reservatório}} = 1,02(m) \times 0,98(m) = 0,996(m^2)$$

Exemplo: Dia 19-20.03.09

$$h_{\text{gasóleoinicial}} = 0,354m$$

$$V_{\text{gasóleoinicial}} = 0,3539m^3$$

$$h_{\text{gasóleoifinal}} = 0,338m$$

$$V_{\text{gasóleoifinal}} = 0,3379m^3$$

$$V_{\text{gasoleogasto}} = 0,016m^3 \Rightarrow 16dm^3$$

$$m_c = \rho_{\text{gasoleo}} \left( \frac{kg}{dm^3} \right) \times V_{\text{gasoleogasto}} (dm^3)$$

Sabendo que para o gasóleo de aquecimento  $\rho_{\text{gasoleo}} = 900 \left( \frac{kg}{dm^3} \right)^{[8]}$ , logo:

$$m_c = 900 \left( \frac{kg}{dm^3} \right) \times 0,016(dm^3) = 14,3942(kg)$$

Determinação do calor de combustão do gasóleo de aquecimento à caldeira:

$$Q_c = m_c \times PCI$$

$$PCI = 10200 \left( \frac{kcal}{kg} \right)^{[8]} \Rightarrow 42676,8 \left( \frac{kJ}{kg} \right)$$

Fonte: O valor de  $\rho$  e do PCI foram retirados de [www.galpenenergia.com](http://www.galpenenergia.com)

$$Q_c = m_c \times PCI \Leftrightarrow Q_c = 900 \left( \frac{kg}{m^3} \right) \times 0,015994(m^3) \times 42676,8 \left( \frac{kJ}{kg} \right) \Leftrightarrow Q_c = 614300,1(kJ)$$

## Anexo C.5. Rendimento da caldeira

Método Indirecto <sup>[9]</sup>

$$\eta = 100 - \sum \text{perdas}$$

### Perdas pelos gases secos de combustão

$$P_{gc} = \frac{K \times (T_g - T_{ar}) \times \left(1 - \frac{P_{CV} + P_{CF}}{100}\right)}{CO_2}$$

$T_g$  - Temperatura dos gases à saída da caldeira;

$T_a$  - Temperatura do ar;

$CO_2$  - Percentagem volúmica nos gases de combustão;

$K$  - Constante que depende do combustível (para Thick  $K = 0,54$ );

$P_{CV} + P_{CF}$  - Perdas pelas cinzas (método indirecto).

$$P_{gc} = \frac{0,54 \times (214 - 23)}{11,1} = 9,2919 \%$$

**Nota:** Não existe nesta situação perdas pelas cinzas

### Perdas pela humidade dos gases de combustão

$$P_{H_2O} = \frac{(m_{H_2O} + 9 \times H) \times (210 - 4,2 \times T_a + 2,1 \times T_g)}{PCI}$$

$m_{H_2O}$  - Fracção mássica de  $H_2O$  no combustível;

$H$  - Fracção mássica de hidrogénio no combustível (para Thick  $H = 11,5\%$ );

$PCI$  - Poder calorífico inferior à temperatura de referencia (para Thick  $PCI = 40570 \left(\frac{kJ}{kg}\right)$ )

$$P_{H_2O} = \frac{(9 \times 11,5) \times (210 - 4,2 \times 23 + 2,1 \times 214)}{40570} = 1,4\%$$

**Nota:** No combustível não existe  $H_2O$

### Perda por inqueimados: Combustão é incompleta

$$Q_{co} = \frac{K_1 \times CO \times (1 - 0,1 \times (P_{CV} + P_{CF}))}{CO + CO_2}$$

$CO$  - Fracção volúmica nos gases de combustão;

$CO_2$  - Fracção volúmica nos gases de combustão;

$P_{CV} + P_{CF}$  - Perdas pelas cinzas (método indirecto).

$K_1$  - Constante que depende do combustão (para Thick  $K_1=54$ );

$$Q_{co} = \frac{54 \times 0,0159}{0,0159 + 11,1} = 0,0772\%$$

**Nota:** Não existe nesta situação perdas pelas cinzas

### Perdas por radiação e convecção

$$Q_v = m_v \times \Delta H_v$$

$m_v$  - Caudal de vapor produzido  $\left( m_v = 788 \left( \frac{kg}{h} \right) \right)$ ;

$\Delta H_v$  - Entalpia de vapor  $\left( \Delta H_v = 2135,74 \left( \frac{kJ}{kg} \right) \right)_{T_v=143^\circ C}$

$$Q_v = 788 \times 2135,74 \Leftrightarrow Q_v = \left( \frac{kJ}{h} \right) \Leftrightarrow Q_v = \frac{1682963}{3600 \times 1000} = 0,4675(MW)$$

Como  $Q_v < 2$  MW, e a caldeira é do tipo Aquatubular ou tubos fumo:

%perdas por radiação e convecção=2%

### Perdas pelas purgas

$$P_p = \frac{(T_p - T_{ag}) \times p \times (100 - E_p)}{(T_p - T_{ag}) \times p + (100 - p) \times (660 - T_{ag})}$$

Sabendo que:

$$p = \frac{TSD_{ag}}{TSD_p} \times 100$$

$T_p$  - Temperatura da purga;

$T_{ag}$  - Temperatura da água de alimentação;

$p$  - % purga em relação ao total de água alimentada à caldeira;

$E_p$  - Somatório de todas as perdas referidas nas equações anteriores (perdas por fumos PF (ábaco =8,7%, com um excesso de ar de 40% e perdas por convecção e radiação+ perdas pelos inqueimados)

$TSD_{ag}$  - Sólidos dissolvidos na água da alimentação;

$TSD_p$  - Sólidos dissolvidos na água na purga;

$$p = \frac{TSD_{ag}}{TSD_p} \times 100 \Leftrightarrow p = \frac{167,2 \left( \frac{mg}{L} \right)}{32887,8 \left( \frac{mg}{L} \right)} = 0,5085\%$$

$$P_p = \frac{(85 - 60) \times 0,5085 \times (100 - 10,7772)}{(85 - 60) \times 0,5085 + (100 - 0,5085) \times (660 - 60)} = 0,0189\%$$

**Somatório das perdas:**

$$\sum \text{perdas} = 9,2919\% + 1,4358\% + 0,0772\% + 2\% + 8,7\% + 0,0189\% = 21,5\%$$

**Rendimento da caldeira a vapor:**

$$\eta = 100 - \sum \text{perdas} \Leftrightarrow \eta = 100\% - 21,5\% = 78,5\%$$



## Anexo D. Determinação dos sólidos dissolvidos na água da alimentação e na água da purga

Com a finalidade da determinação do teor de sólidos dissolvidos na água de alimentação e na água da purga da caldeira, para determinação parâmetro seguidamente apresentado inserido no cálculo das perdas da purga:

$$P = \frac{TSD_{ag}}{TSD_p} \times 100$$

1. Agitar bem os frascos que contêm a amostra de forma a obter uma mistura homogénea, antes da determinação;
2. Filtrar a vácuo a água a analisar;
3. Usar o filtrado e transferir para uma cápsula previamente pesada (cápsula de evaporação);
4. Colocar na estufa a aproximadamente 100°C, durante 2 horas;
5. Arrefecer no exsiccador durante 15 minutos e pesar
6. Expressar o resultado em mg/L

$$SólidosDissolvidosTotais = \frac{(P_1 - P)}{V_{amostra}} \times 1000000 \text{ (mg/L)}$$

Onde:

$P$  - Peso (g) da cápsula vazia;

$P_1$  - Peso (g) da cápsula com resíduos;

$V_{amostra}$  - Volume da amostra em mL

## Anexo E. Fichas Técnicas de equipamentos e dados fornecidos pela empresa

### Anexo E.1. Entradas de wet- salted no ano 2008

Curtumes Aveneda, Lda.

S. Vicente Perreira

3880-421 Ovar

504084224

#### Movimentos de ENTRADA STOCK emitidos entre 01-01-2008 a 31-12-2008

| Série      | Nº Documento | Data Emissão |  |           |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |
|------------|--------------|--------------|--|-----------|------|-------------|----------------|----------------|-----------------------|-------|------------|------------|--|
| Data Stock | Nº Linha     | Referência   | Produto                                    | Qnt.      | Uni. | Qnt. Actual | Qnt. Diferença | Preço Unitário | Preço Unit. c/Imposto | Moeda | Arm. Saída | Arm. Entr. |  |
|            | 80030        | 31-01-2008   |  |           |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |
| 31-01-2008 | 1            | 316111103    | Couros verdes salgados - 20/25 Kg (Nac.)   | 4.482,000 | KG   | 24.758,000  | (20.276,000)   | 2,10           | 2,54                  | EUR   | 1          |            |  |
| 31-01-2008 | 2            | 316111104    | Couros verdes salgados - 25/30 Kg (Nac.)   | 4.321,000 | KG   | 329.321,000 | (325.000,000)  | 1,45           | 1,75                  | EUR   | 1          |            |  |
|            | 80031        | 31-01-2008   |  |           |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |
| 31-01-2008 | 1            | 316111104    | Couros verdes salgados - 25/30 Kg (Nac.)   | 4.508,000 | KG   | 333.642,000 | (329.134,000)  | 1,45           | 1,75                  | EUR   | 1          |            |  |
| 31-01-2008 | 2            | 316111102    | Couros verdes salgados - 15/20 Kg (Nac.)   | 2.447,000 | KG   | 64.708,000  | (62.261,000)   | 2,10           | 2,54                  | EUR   | 1          |            |  |
|            | 80032        | 31-01-2008   |  |           |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |
| 31-01-2008 | 1            | 316111104    | Couros verdes salgados - 25/30 Kg (Nac.)   | 8.853,000 | KG   | 338.150,000 | (329.297,000)  | 1,45           | 1,75                  | EUR   | 1          |            |  |
|            | 80034        | 31-01-2008   |  |           |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |
| 31-01-2008 | 1            | 316111104    | Couros verdes salgados - 25/30 Kg (Nac.)   | 9.144,000 | KG   | 347.003,000 | (337.859,000)  | 1,45           | 1,75                  | EUR   | 1          |            |  |
|            | 80035        | 31-01-2008   |  |           |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |
| 31-01-2008 | 1            | 316111105    | Couros verdes salgados - + de 30 Kg (Nac.) | 3.785,000 | KG   | 89.594,000  | (85.809,000)   | 1,20           | 1,45                  | EUR   | 1          |            |  |
|            | 80060        | 29-02-2008   |  |           |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |
| 29-02-2008 | 1            | 316111105    | Couros verdes salgados - + de 30 Kg (Nac.) | 2.644,000 | KG   | 93.379,000  | (90.735,000)   | 1,10           | 1,33                  | EUR   | 1          |            |  |
| 29-02-2008 | 2            | 316111104    | Couros verdes salgados - 25/30 Kg (Nac.)   | 6.111,000 | KG   | 356.147,000 | (350.036,000)  | 1,45           | 1,75                  | EUR   | 1          |            |  |
| 29-02-2008 | 3            | 316111102    | Couros verdes salgados - 15/20 Kg (Nac.)   | 3.960,000 | KG   | 67.155,000  | (63.195,000)   | 2,05           | 2,48                  | EUR   | 1          |            |  |
|            | 80061        | 29-02-2008   |  |           |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |
| 29-02-2008 | 1            | 316111102    | Couros verdes salgados - 15/20 Kg (Nac.)   | 4.747,000 | KG   | 71.115,000  | (66.368,000)   | 2,00           | 2,42                  | EUR   | 1          |            |  |
| 29-02-2008 | 2            | 316111104    | Couros verdes salgados - 25/30 Kg (Nac.)   | 5.450,000 | KG   | 362.258,000 | (356.808,000)  | 1,45           | 1,75                  | EUR   | 1          |            |  |
|            | 80062        | 29-02-2008   |  |           |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |
| 29-02-2008 | 1            | 316111104    | Couros verdes salgados - 25/30 Kg (Nac.)   | 9.878,000 | KG   | 367.708,000 | (357.830,000)  | 1,45           | 1,75                  | EUR   | 1          |            |  |
|            | 80064        | 29-02-2008   |  |           |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |
| 29-02-2008 | 1            | 316111314    | Couros verdes salgados - 25/30 Kg (Int.)   | 4.150,000 | KG   | 6.323,000   | (2.173,000)    | 1,45           | 1,75                  | EUR   | 1          |            |  |
| 29-02-2008 | 2            | 316111103    | Couros verdes salgados - 20/25 Kg (Nac.)   | 4.133,000 | KG   | 29.240,000  | (25.107,000)   | 1,35           | 1,63                  | EUR   | 1          |            |  |
|            | 80102        | 31-03-2008   |  |           |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |
| 31-03-2008 | 1            | 316111104    | Couros verdes salgados - 25/30 Kg (Nac.)   | 7.655,000 | KG   | 4.160,000   | 3.495,000      | 1,45           | 1,75                  | EUR   | 1          |            |  |
| 31-03-2008 | 2            | 316111102    | Couros verdes salgados - 15/20 Kg (Nac.)   | 1.366,000 | KG   |             | 1.366,000      | 2,05           | 2,48                  | EUR   | 1          |            |  |
| 31-03-2008 | 3            | 316111105    | Couros verdes salgados - + de 30 Kg (Nac.) | 3.238,000 | KG   |             | 3.238,000      | 1,15           | 1,39                  | EUR   | 1          |            |  |
|            | 80103        | 31-03-2008   |  |           |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |
| 31-03-2008 | 1            | 316111103    | Couros verdes salgados - 20/25 Kg (Nac.)   | 1.095,000 | KG   | 4.133,000   | (3.038,000)    | 1,90           | 2,30                  | EUR   | 1          |            |  |
| 31-03-2008 | 2            | 316111104    | Couros verdes salgados - 25/30 Kg (Nac.)   | 3.058,000 | KG   | 11.815,000  | (8.757,000)    | 1,35           | 1,63                  | EUR   | 1          |            |  |
| 31-03-2008 | 3            | 316111105    | Couros verdes salgados - + de 30 Kg (Nac.) | 1.643,000 | KG   | 3.238,000   | (1.595,000)    | 1,10           | 1,33                  | EUR   | 1          |            |  |
|            | 80104        | 31-03-2008   |  |           |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |
| 31-03-2008 | 1            | 316111104    | Couros verdes salgados - 25/30 Kg (Nac.)   | 9.183,000 | KG   | 14.873,000  | (5.690,000)    | 1,45           | 1,75                  | EUR   | 1          |            |  |

GesPOS® Licenciado a :Curtumes Aveneda, Lda. Contrib. :504084224

Emitido em: 11 de Maio de 2008

Página 1 de 2

| Série      | Nº Documento | Data Emissão |  |            |      |             |                |                |                       |       |            |            |
|------------|--------------|--------------|--|------------|------|-------------|----------------|----------------|-----------------------|-------|------------|------------|
| Data Stock | Nº Linha     | Referência   | Produto                                    | Qnt.       | Uni. | Qnt. Actual | Qnt. Diferença | Preço Unitário | Preço Unit. c/Imposto | Moeda | Arm. Saída | Arm. Entr. |
|            | 80106        | 31-03-2008   |  |            |      |             |                |                |                       |       |            |            |
| 31-03-2008 | 1            | 316111102    | Couros verdes salgados - 15/20 Kg (Nac.)   | 2.295,000  | KG   | 1.366,000   | 929,000        | 2,00           | 2,42                  | EUR   | 1          | 1          |
| 31-03-2008 | 2            | 316111104    | Couros verdes salgados - 25/30 Kg (Nac.)   | 1.346,000  | KG   | 24.056,000  | (22.710,000)   | 1,45           | 1,75                  | EUR   | 1          | 1          |
|            | 80108        | 31-03-2008   |  |            |      |             |                |                |                       |       |            |            |
| 31-03-2008 | 1            | 316111209    | Couros verdes salgados - 25/30 Kg (CEE)    | 24.571,000 | KG   |             | 24.571,000     | 1,55           | 1,88                  | EUR   | 1          | 1          |
|            | 80144        | 30-04-2008   |  |            |      |             |                |                |                       |       |            |            |
| 30-04-2008 | 1            | 316111102    | Couros verdes salgados - 15/20 Kg (Nac.)   | 2.623,000  | KG   |             | 2.623,000      | 1,90           | 2,30                  | EUR   | 1          | 1          |
| 30-04-2008 | 2            | 316111104    | Couros verdes salgados - 25/30 Kg (Nac.)   | 4.688,000  | KG   |             | 4.688,000      | 1,35           | 1,63                  | EUR   | 1          | 1          |
| 30-04-2008 | 3            | 316111105    | Couros verdes salgados - + de 30 Kg (Nac.) | 5.254,000  | KG   |             | 5.254,000      | 1,10           | 1,33                  | EUR   | 1          | 1          |
| 30-04-2008 | 4            | 316111105    | Couros verdes salgados - + de 30 Kg (Nac.) | 1.082,000  | KG   |             | 1.082,000      | 1,10           | 1,33                  | EUR   | 1          | 1          |
|            | 80176        | 31-05-2008   |  |            |      |             |                |                |                       |       |            |            |
| 31-05-2008 | 1            | 316111209    | Couros verdes salgados - 25/30 Kg (CEE)    | 9.008,000  | KG   |             | 9.008,000      | 1,50           | 1,80                  | EUR   | 1          | 1          |
|            | 80177        | 31-05-2008   |  |            |      |             |                |                |                       |       |            |            |
| 31-05-2008 | 1            | 316111207    | Couros verdes salgados - 15/20 Kg (CEE)    | 10.124,000 | KG   |             | 10.124,000     | 2,05           | 2,46                  | EUR   | 1          | 1          |
|            | 80178        | 31-05-2008   |  |            |      |             |                |                |                       |       |            |            |
| 31-05-2008 | 1            | 316111104    | Couros verdes salgados - 25/30 Kg (Nac.)   | 4.851,000  | KG   |             | 4.851,000      | 1,45           | 1,74                  | EUR   | 1          | 1          |
| 31-05-2008 | 2            | 316111102    | Couros verdes salgados - 15/20 Kg (Nac.)   | 4.746,000  | KG   |             | 4.746,000      | 2,00           | 2,40                  | EUR   | 1          | 1          |
|            | 80180        | 31-05-2008   |  |            |      |             |                |                |                       |       |            |            |
| 31-05-2008 | 1            | 316111210    | Couros verdes salgados - + de 30 Kg (CEE)  | 6.053,000  | KG   |             | 6.053,000      | 1,40           | 1,68                  | EUR   | 1          | 1          |
| 31-05-2008 | 2            | 316111210    | Couros verdes salgados - + de 30 Kg (CEE)  | 6.653,000  | KG   |             | 6.653,000      | 1,35           | 1,62                  | EUR   | 1          | 1          |
|            | 80218        | 30-06-2008   |  |            |      |             |                |                |                       |       |            |            |
| 30-06-2008 | 1            | 316111208    | Couros verdes salgados - 20/25 Kg (CEE)    | 12.320,000 | KG   |             | 12.320,000     | 1,90           | 2,28                  | EUR   | 1          | 1          |
|            | 80219        | 30-06-2008   |  |            |      |             |                |                |                       |       |            |            |
| 30-06-2008 | 1            | 316111209    | Couros verdes salgados - 25/30 Kg (CEE)    | 13.225,000 | KG   |             | 13.225,000     | 1,40           | 1,68                  | EUR   | 1          | 1          |
|            | 80220        | 30-06-2008   |  |            |      |             |                |                |                       |       |            |            |
| 30-06-2008 | 1            | 316111210    | Couros verdes salgados - + de 30 Kg (CEE)  | 12.500,000 | KG   |             | 12.500,000     | 1,35           | 1,62                  | EUR   | 1          | 1          |
|            | 80252        | 31-07-2008   |  |            |      |             |                |                |                       |       |            |            |
| 31-07-2008 | 1            | 316111209    | Couros verdes salgados - 25/30 Kg (CEE)    | 14.798,000 | KG   |             | 14.798,000     | 1,20           | 1,44                  | EUR   | 1          | 1          |
|            | 80289        | 30-09-2008   |  |            |      |             |                |                |                       |       |            |            |
| 30-09-2008 | 1            | 316111209    | Couros verdes salgados - 25/30 Kg (CEE)    | 24.300,000 | KG   |             | 24.300,000     | 1,20           | 1,44                  | EUR   | 1          | 1          |
|            | 80290        | 30-09-2008   |  |            |      |             |                |                |                       |       |            |            |
| 30-09-2008 | 1            | 316111104    | Couros verdes salgados - 25/30 Kg (Nac.)   | 6.257,000  | KG   |             | 6.257,000      | 1,18           | 1,42                  | EUR   | 1          | 1          |
| 30-09-2008 | 2            | 316111105    | Couros verdes salgados - + de 30 Kg (Nac.) | 2.624,000  | KG   |             | 2.624,000      | 0,95           | 1,14                  | EUR   | 1          | 1          |
| 30-09-2008 | 3            | 316111103    | Couros verdes salgados - 20/25 Kg (Nac.)   | 4.676,000  | KG   |             | 4.676,000      | 1,67           | 2,00                  | EUR   | 1          | 1          |
|            | 80291        | 30-09-2008   |  |            |      |             |                |                |                       |       |            |            |
| 30-09-2008 | 1            | 316111104    | Couros verdes salgados - 25/30 Kg (Nac.)   | 3.955,000  | KG   | 6.257,000   | (2.302,000)    | 1,20           | 1,44                  | EUR   | 1          | 1          |
| 30-09-2008 | 2            | 316111105    | Couros verdes salgados - + de 30 Kg (Nac.) | 3.935,000  | KG   | 2.624,000   | 1.311,000      | 1,10           | 1,32                  | EUR   | 1          | 1          |
|            | 80293        | 30-09-2008   |  |            |      |             |                |                |                       |       |            |            |
| 30-09-2008 | 1            | 316111207    | Couros verdes salgados - 15/20 Kg (CEE)    | 13.103,000 | KG   |             | 13.103,000     | 1,70           | 2,04                  | EUR   | 1          | 1          |
|            | 80294        | 30-09-2008   |  |            |      |             |                |                |                       |       |            |            |

GesPOS® Licenciado a :Curtumes Aveneda, Lda. Contrib. :504084224

Emitido em: 11 de Maio de 2009

Página 2 de 3

Optimização de Recursos numa Industria de Curtumes  
Ana Dias

| Série      | Nº Documento | Data Emissão |   |            |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |  |
|------------|--------------|--------------|---|------------|------|-------------|----------------|----------------|-----------------------|-------|------------|------------|--|--|
| Data Stock | Nº Linha     | Referência   | Produto                                   | Qty.       | Uni. | Qty. Actual | Qty. Diferença | Preço Unitário | Preço Unit. c/Imposto | Moeda | Arm. Saída | Arm. Entr. |  |  |
| 30-09-2008 | 1            | 316111209    | Couros verdes salgados - 25/30 Kg (CEE)   | 13.333,000 | KG   | 24.300,000  | (10.967,000)   | 1,25           | 1,50                  | EUR   | 1          |            |  |  |
|            | 80295        | 30-09-2008   |   |            |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |  |
| 30-09-2008 | 1            | 316111207    | Couros verdes salgados - 15/20 Kg (CEE)   | 7.490,000  | KG   | 13.103,000  | (5.613,000)    | 1,63           | 1,96                  | EUR   | 1          |            |  |  |
|            | 80296        | 30-09-2008   |   |            |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |  |
| 30-09-2008 | 1            | 316111208    | Couros verdes salgados - 20/25 Kg (CEE)   | 9.237,000  | KG   |             | 9.237,000      | 1,45           | 1,74                  | EUR   | 1          |            |  |  |
|            | 80297        | 30-09-2008   |   |            |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |  |
| 30-09-2008 | 1            | 316111209    | Couros verdes salgados - 25/30 Kg (CEE)   | 4.340,000  | KG   | 37.633,000  | (33.293,000)   | 1,20           | 1,44                  | EUR   | 1          |            |  |  |
|            | 80298        | 30-09-2008   |   |            |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |  |
| 30-09-2008 | 1            | 316111210    | Couros verdes salgados - + de 30 Kg (CEE) | 4.252,000  | KG   |             | 4.252,000      | 0,90           | 1,08                  | EUR   | 1          |            |  |  |
|            | 80328        | 31-10-2008   |   |            |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |  |
| 31-10-2008 | 1            | 316111209    | Couros verdes salgados - 25/30 Kg (CEE)   | 13.408,000 | KG   |             | 13.408,000     | 1,20           | 1,44                  | EUR   | 1          |            |  |  |
|            | 80329        | 31-10-2008   |   |            |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |  |
| 31-10-2008 | 1            | 316111209    | Couros verdes salgados - 25/30 Kg (CEE)   | 13.628,000 | KG   | 13.408,000  | 220,000        | 1,20           | 1,44                  | EUR   | 1          |            |  |  |
|            | 80355        | 30-11-2008   |   |            |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |  |
| 30-11-2008 | 1            | 316111209    | Couros verdes salgados - 25/30 Kg (CEE)   | 22.356,000 | KG   |             | 22.356,000     | 1,35           | 1,62                  | EUR   | 1          |            |  |  |



## Anexo E.2. Entradas de wet- blue no ano 2008

Curtumes Aveneda, Lda.

S. Vicente Perreira

3880-421 Ovar

504084224

### Movimentos de ENTRADA STOCK emitidos entre 01-01-2008 a 31-12-2008

| Série      | Nº Documento | Data Emissão |                    |             |      |             |               |                |                       |       |            |            |  |  |
|------------|--------------|--------------|--------------------|-------------|------|-------------|---------------|----------------|-----------------------|-------|------------|------------|--|--|
| Data Stock | Nº Linha     | Referência   | Produto            | Qt.         | Uni. | Qt. Actual  | Qt. Diferença | Preço Unitário | Preço Unit. c/Imposto | Moeda | Arm. Saída | Arm. Entr. |  |  |
|            | 80029        | 31-01-2008   |                    |             |      |             |               |                |                       |       |            |            |  |  |
| 31-01-2008 | 1            | 316144205    | Wet Blue CEE Lote  | ✓ 9.530,640 | PES  | 508.841,236 | (499.310,596) | 1,70           | 2,06                  | EUR   | 1          | 1          |  |  |
|            | 80033        | 31-01-2008   |                    |             |      |             |               |                |                       |       |            |            |  |  |
| 31-01-2008 | 1            | 316144105    | Wet Blue Nac. Lote | ✓ 7.460,000 | PES  | 83.049,060  | (75.589,060)  | 1,52           | 1,84                  | EUR   | 1          | 1          |  |  |
|            | 80036        | 31-01-2008   |                    |             |      |             |               |                |                       |       |            |            |  |  |
| 31-01-2008 | 1            | 316144205    | Wet Blue CEE Lote  | ✓ 1.378,640 | PES  | 516.993,236 | (515.614,596) | 1,42           | 1,72                  | EUR   | 1          | 1          |  |  |
|            | 80063        | 29-02-2008   |                    |             |      |             |               |                |                       |       |            |            |  |  |
| 29-02-2008 | 1            | 316144105    | Wet Blue Nac. Lote | ✓ 4.350,500 | PES  | 90.509,060  | (86.158,560)  | 1,55           | 1,88                  | EUR   | 1          | 1          |  |  |
|            | 80066        | 29-02-2008   |                    |             |      |             |               |                |                       |       |            |            |  |  |
| 29-02-2008 | 1            | 316144205    | Wet Blue CEE Lote  | ✓ 4.069,380 | PES  | 518.371,876 | (514.302,496) | 1,70           | 2,06                  | EUR   | 1          | 1          |  |  |
|            | 80100        | 31-03-2008   |                    |             |      |             |               |                |                       |       |            |            |  |  |
| 31-03-2008 | 1            | 316144205    | Wet Blue CEE Lote  | 8.602,500   | PES  | 32.492,380  | (23.889,880)  | 1,70           | 2,06                  | EUR   | 1          | 1          |  |  |
|            | 80101        | 31-03-2008   |                    |             |      |             |               |                |                       |       |            |            |  |  |
| 31-03-2008 | 1            | 316144205    | Wet Blue CEE Lote  | 16.109,810  | PES  | 41.094,880  | (24.985,070)  | 1,70           | 2,06                  | EUR   | 1          | 1          |  |  |
|            | 80105        | 31-03-2008   |                    |             |      |             |               |                |                       |       |            |            |  |  |
| 31-03-2008 | 1            | 316144105    | Wet Blue Nac. Lote | 1.462,500   | PES  |             | 1.462,500     | 1,55           | 1,88                  | EUR   | 1          | 1          |  |  |
|            | 80107        | 31-03-2008   |                    |             |      |             |               |                |                       |       |            |            |  |  |
| 31-03-2008 | 1            | 316144105    | Wet Blue Nac. Lote | 2.849,250   | PES  | 1.462,500   | 1.386,750     | 1,55           | 1,88                  | EUR   | 1          | 1          |  |  |
|            | 80143        | 30-04-2008   |                    |             |      |             |               |                |                       |       |            |            |  |  |
| 30-04-2008 | 1            | 316144205    | Wet Blue CEE Lote  | 5.805,450   | PES  | 25.999,440  | (20.193,990)  | 1,62           | 1,96                  | EUR   | 1          | 1          |  |  |
|            | 80145        | 30-04-2008   |                    |             |      |             |               |                |                       |       |            |            |  |  |
| 30-04-2008 | 1            | 316144105    | Wet Blue Nac. Lote | 5.576,500   | PES  | 1.786,500   | 3.790,000     | 1,55           | 1,88                  | EUR   | 1          | 1          |  |  |
|            | 80146        | 30-04-2008   |                    |             |      |             |               |                |                       |       |            |            |  |  |
| 30-04-2008 | 1            | 316144205    | Wet Blue CEE Lote  | 17.489,740  | PES  | 31.804,890  | (14.315,150)  | 1,70           | 2,06                  | EUR   | 1          | 1          |  |  |
|            | 80175        | 31-05-2008   |                    |             |      |             |               |                |                       |       |            |            |  |  |
| 31-05-2008 | 1            | 316144205    | Wet Blue CEE Lote  | 6.861,750   | PES  | 43.299,460  | (36.437,710)  | 1,59           | 1,91                  | EUR   | 1          | 1          |  |  |
|            | 80179        | 31-05-2008   |                    |             |      |             |               |                |                       |       |            |            |  |  |
| 31-05-2008 | 1            | 316144105    | Wet Blue Nac. Lote | 2.290,250   | PES  | 5.238,000   | (2.947,750)   | 1,55           | 1,86                  | EUR   | 1          | 1          |  |  |
| 31-05-2008 | 2            | 316144105    | Wet Blue Nac. Lote | 3.408,500   | PES  | 5.238,000   | (1.829,500)   | 1,55           | 1,86                  | EUR   | 1          | 1          |  |  |
| 31-05-2008 | 3            | 316144105    | Wet Blue Nac. Lote | 2.092,750   | PES  | 5.238,000   | (3.145,250)   | 1,55           | 1,86                  | EUR   | 1          | 1          |  |  |
|            | 80181        | 31-05-2008   |                    |             |      |             |               |                |                       |       |            |            |  |  |
| 31-05-2008 | 1            | 316144205    | Wet Blue CEE Lote  | 8.114,270   | PES  | 50.161,210  | (42.046,940)  | 1,65           | 1,98                  | EUR   | 1          | 1          |  |  |
|            | 80214        | 30-06-2008   |                    |             |      |             |               |                |                       |       |            |            |  |  |
| 30-06-2008 | 1            | 316144101    | Wet Blue Nac. 1º   | 2.364,500   | PES  |             | 2.364,500     | 1,47           | 1,76                  | EUR   | 1          | 1          |  |  |

GasPOS® Licenciado a :Curtumes Aveneda, Lda. Contrib. :504084224

Emitido em: 11 de Maio de 2009

Página 1 de 2

| Série      | Nº Documento | Data Emissão |                    |           |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |
|------------|--------------|--------------|--------------------|-----------|------|-------------|----------------|----------------|-----------------------|-------|------------|------------|--|
| Data Stock | Nº Linha     | Referência   | Produto            | Qnt.      | Uni. | Qnt. Actual | Qnt. Diferença | Preço Unitário | Preço Unit. c/Imposto | Moeda | Arm. Saída | Arm. Entr. |  |
|            | 80223        | 30-06-2008   |                    |           |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |
| 30-06-2008 | 1            | 316144205    | Wet Blue CEE Lote  | 9.390,083 | PES  | 43.445,730  | (34.055,647)   | 1,65           | 1,98                  | EUR   | 1          |            |  |
|            | 80253        | 31-07-2008   |                    |           |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |
| 31-07-2008 | 1            | 316144105    | Wet Blue Nac. Lote | 8.613,750 | PES  | 4.425,250   | 4.188,500      | 1,50           | 1,80                  | EUR   | 1          |            |  |
|            | 80292        | 30-09-2008   |                    |           |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |
| 30-09-2008 | 1            | 316144205    | Wet Blue CEE Lote  | 2.048,620 | PES  | 36.830,000  | (34.781,380)   | 1,35           | 1,62                  | EUR   | 1          |            |  |
| 30-09-2008 | 2            | 316144205    | Wet Blue CEE Lote  | 7.701,330 | PES  | 36.830,000  | (29.128,670)   | 1,59           | 1,91                  | EUR   | 1          |            |  |
|            | 80330        | 31-10-2008   |                    |           |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |
| 31-10-2008 | 1            | 316144205    | Wet Blue CEE Lote  | 7.589,201 | PES  | 40.407,000  | (32.817,799)   | 1,59           | 1,91                  | EUR   | 1          |            |  |
|            | 80331        | 31-10-2008   |                    |           |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |
| 31-10-2008 | 1            | 316144105    | Wet Blue Nac. Lote | 6.124,750 | PES  | 12.052,750  | (5.928,000)    | 1,50           | 1,80                  | EUR   | 1          |            |  |

## Anexo E.3. Entradas de *crust* no ano 2008

Curtumes Aveneda, Lda.

S. Vicente Perreira

3880-421 Ovar

504084224

### Movimentos de ENTRADA STOCK emitidos entre 01-01-2008 a 31-12-2008

| Série      | Nº Documento | Data Emissão |                  |            |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |  |
|------------|--------------|--------------|------------------|------------|------|-------------|----------------|----------------|-----------------------|-------|------------|------------|--|--|
| Data Stock | Nº Linha     | Referência   | Produto          | Qnt.       | Uni. | Qnt. Actual | Qnt. Diferença | Preço Unitário | Preço Unit. c/Imposto | Moeda | Arm. Saída | Arm. Entr. |  |  |
|            | 80065        | 29-02-2008   |                  |            |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |  |
| 29-02-2008 | 1            | 316122105    | Crust. Nac. Lote | 8.551,250  | PES  | 19.464,720  | (10.913,470)   | 1,05           | 1,27                  | EUR   | 1          |            |  |  |
| 29-02-2008 | 2            | 316122105    | Crust. Nac. Lote | 10.032,250 | PES  | 19.464,720  | (9.432,470)    | 1,05           | 1,27                  | EUR   | 1          |            |  |  |
| 29-02-2008 | 3            | 316122105    | Crust. Nac. Lote | 1.303,250  | PES  | 19.464,720  | (18.161,470)   | 1,73           | 2,09                  | EUR   | 1          |            |  |  |
|            | 80109        | 31-03-2008   |                  |            |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |  |
| 31-03-2008 | 1            | 316122105    | Crust. Nac. Lote | 13.507,000 | PES  |             | 13.507,000     | 1,10           | 1,33                  | EUR   | 1          |            |  |  |
|            | 80147        | 30-04-2008   |                  |            |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |  |
| 30-04-2008 | 1            | 316122105    | Crust. Nac. Lote | 10.728,000 | PES  |             | 10.728,000     | 1,10           | 1,33                  | EUR   | 1          |            |  |  |
| 30-04-2008 | 2            | 316122105    | Crust. Nac. Lote | 1.533,500  | PES  |             | 1.533,500      | 1,30           | 1,57                  | EUR   | 1          |            |  |  |
| 30-04-2008 | 3            | 316122105    | Crust. Nac. Lote | 2.833,000  | PES  |             | 2.833,000      | 1,45           | 1,75                  | EUR   | 1          |            |  |  |
|            | 80215        | 30-06-2008   |                  |            |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |  |
| 30-06-2008 | 1            | 316122103    | Crust. Nac. 3º   | 562,200    | PES  |             | 562,200        | 1,35           | 1,62                  | EUR   | 1          |            |  |  |
|            | 80216        | 30-06-2008   |                  |            |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |  |
| 30-06-2008 | 1            | 316122103    | Crust. Nac. 3º   | 8.219,500  | PES  | 562,200     | 7.657,300      | 1,35           | 1,62                  | EUR   | 1          |            |  |  |
| 30-06-2008 | 2            | 316122103    | Crust. Nac. 3º   | 4.360,370  | PES  | 562,200     | 3.798,170      | 1,35           | 1,62                  | EUR   | 1          |            |  |  |
|            | 80217        | 30-06-2008   |                  |            |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |  |
| 30-06-2008 | 1            | 316122103    | Crust. Nac. 3º   | 3.262,800  | PES  | 13.142,070  | (9.879,270)    | 1,35           | 1,62                  | EUR   | 1          |            |  |  |
|            | 80221        | 30-06-2008   |                  |            |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |  |
| 30-06-2008 | 1            | 316122105    | Crust. Nac. Lote | 2.947,000  | PES  |             | 2.947,000      | 0,85           | 1,02                  | EUR   | 1          |            |  |  |
|            | 80222        | 30-06-2008   |                  |            |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |  |
| 30-06-2008 | 1            | 316122205    | Crust CEE Lote   | 11.159,700 | PES  |             | 11.159,700     | 1,43           | 1,72                  | EUR   | 1          |            |  |  |
|            | 80224        | 30-06-2008   |                  |            |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |  |
| 30-06-2008 | 1            | 316133105    | Croute Nac. Lote | 3.256,840  | PES  |             | 3.256,840      | 0,91           | 1,09                  | EUR   | 1          |            |  |  |
|            | 80288        | 30-09-2008   |                  |            |      |             |                |                |                       |       |            |            |  |  |
| 30-09-2008 | 1            | 316122105    | Crust. Nac. Lote | 1.641,080  | PES  |             | 1.641,080      | 1,35           | 1,62                  | EUR   | 1          |            |  |  |

GesPOS® Licenciado a :Curtumes Aveneda, Lda. Contrib. :504084224

Emitido em: 11 de Maio de 2009

Página 1 de 1

## Anexo E.4. Vendas no ano 2008

| 2007   |                        | 2008   |                        | 2009   |                      |
|--------|------------------------|--------|------------------------|--------|----------------------|
| Semana | Pés                    | Semana | Pés                    | Semana | Pés                  |
| 1      | 10.761,90 ft           | 1      | 212,00 ft              | 1      | 19.187,67 ft         |
| 2      | 34.141,31 ft           | 2      | 13.160,20 ft           | 2      | 1.850,25 ft          |
| 3      | 18.175,26 ft           | 3      | 19.482,34 ft           | 3      | 15.246,05 ft         |
| 4      | 27.030,02 ft           | 4      | 20.365,46 ft           | 4      | 10.386,85 ft         |
| 5      | 30.756,16 ft           | 5      | 44.715,99 ft           | 5      | 19.214,77 ft         |
| 6      | 35.512,46 ft           | 6      | 17.790,52 ft           | 6      | 20.311,54 ft         |
| 7      | 27.091,69 ft           | 7      | 23.444,70 ft           | 7      | 21.794,45 ft         |
| 8      | 13.788,52 ft           | 8      | 20.121,35 ft           | 8      | 30.117,49 ft         |
| 9      | 14.826,47 ft           | 9      | 18.571,96 ft           | 9      | 16.593,48 ft         |
| 10     | 13.338,69 ft           | 10     | 24.142,62 ft           | 10     | 28.048,87 ft         |
| 11     | 14.637,10 ft           | 11     | 29.968,59 ft           | 11     | 23.140,20 ft         |
| 12     | 26.008,24 ft           | 12     | 20.816,23 ft           | 12     | 18.167,95 ft         |
| 13     | 27.314,46 ft           | 13     | 23.648,48 ft           | 13     | 24.928,22 ft         |
| 14     | 20.952,95 ft           | 14     | 25.684,36 ft           | 14     | 39.540,22 ft         |
| 15     | 28.486,29 ft           | 15     | 29.934,16 ft           | 15     | 17.618,18 ft         |
| 16     | 48.800,22 ft           | 16     | 35.984,98 ft           | 16     | 17.141,34 ft         |
| 17     | 23.427,21 ft           | 17     | 22.169,55 ft           | 17     | 24.549,00 ft         |
| 18     | 16.506,35 ft           | 18     | 33.988,99 ft           | 18     | 23.987,77 ft         |
| 19     | 36.088,11 ft           | 19     | 39.995,50 ft           | 19     | 35.600,93 ft         |
| 20     | 39.256,55 ft           | 20     | 26.779,85 ft           | 20     | 23.851,32 ft         |
| 21     | 36.656,41 ft           | 21     | 11.607,85 ft           | 21     | 27.023,17 ft         |
| 22     | 30.584,93 ft           | 22     | 25.150,52 ft           | 22     |                      |
| 23     | 36.406,43 ft           | 23     | 26.291,47 ft           | 23     |                      |
| 24     | 43.249,60 ft           | 24     | 18.951,00 ft           | 24     |                      |
| 25     | 36.759,85 ft           | 25     | 27.811,79 ft           | 25     |                      |
| 26     | 32.509,36 ft           | 26     | 32.120,53 ft           | 26     |                      |
| 27     | 17.115,38 ft           | 27     | 20.411,03 ft           | 27     |                      |
| 28     | 24.674,93 ft           | 28     | 12.458,50 ft           | 28     |                      |
| 29     | 29.197,91 ft           | 29     | 28.280,26 ft           | 29     |                      |
| 30     | 28.088,56 ft           | 30     | 16.754,99 ft           | 30     |                      |
| 31     | 51.614,71 ft           | 31     | 17.790,03 ft           | 31     |                      |
| 32     | 0,00 ft                | 32     | 47.798,79 ft           | 32     |                      |
| 33     | 0,00 ft                | 33     | 0,00 ft                | 33     |                      |
| 34     | 0,00 ft                | 34     | 0,00 ft                | 34     |                      |
| 35     | 0,00 ft                | 35     | 0,00 ft                | 35     |                      |
| 36     | 7.129,00 ft            | 36     | 0,00 ft                | 36     |                      |
| 37     | 19.777,86 ft           | 37     | 6.947,01 ft            | 37     |                      |
| 38     | 23.036,33 ft           | 38     | 9.793,56 ft            | 38     |                      |
| 39     | 28.517,25 ft           | 39     | 29.041,83 ft           | 39     |                      |
| 40     | 19.109,02 ft           | 40     | 16.575,43 ft           | 40     |                      |
| 41     | 13.231,97 ft           | 41     | 24.084,45 ft           | 41     |                      |
| 42     | 22.039,60 ft           | 42     | 22.154,00 ft           | 42     |                      |
| 43     | 21.794,10 ft           | 43     | 12.369,88 ft           | 43     |                      |
| 44     | 20.469,52 ft           | 44     | 31.954,71 ft           | 44     |                      |
| 45     | 25.183,09 ft           | 45     | 16.324,98 ft           | 45     |                      |
| 46     | 15.061,60 ft           | 46     | 23.145,12 ft           | 46     |                      |
| 47     | 19.010,77 ft           | 47     | 28.148,87 ft           | 47     |                      |
| 48     | 23.140,87 ft           | 48     | 26.874,33 ft           | 48     |                      |
| 49     | 29.586,92 ft           | 49     | 17.617,31 ft           | 49     |                      |
| 50     | 22.991,74 ft           | 50     | 13.346,47 ft           | 50     |                      |
| 51     | 28.400,68 ft           | 51     | 7.194,92 ft            | 51     |                      |
| 52     | 16.571,19 ft           | 52     | 10.574,42 ft           | 52     |                      |
|        | <b>1.228.809,54 ft</b> |        | <b>1.072.551,88 ft</b> |        | <b>458.299,72 ft</b> |



### Anexo E.5. Ficha Técnica do permutador de placas

*Permutador de Placas*

LADO B

POS. 1 S1 →

3 S3 ←

2 S2 ←

4 S4 →

LADO A

#### PLACAS

| TIPO   | MATERIAL | ESPESSURA |
|--------|----------|-----------|
| UX--01 | AISI 316 | 0.6mm     |

| QUANTIDADE TOTAL DE PLACAS |        |        |
|----------------------------|--------|--------|
| FURAÇÃO                    | LADO A | LADO B |
| 1234                       | 9      | 9      |
| 1230                       |        |        |
| 1204                       |        |        |
| 1200                       |        |        |
| 1034                       |        |        |
| 1030                       |        |        |
| 0234                       |        |        |
| 0230                       |        |        |
| 0204                       |        |        |
| 0034                       |        |        |
| D1234                      |        | 1      |
| E0000                      | 1      |        |

NOTA: DESIGNAÇÃO DOS FUROS  
0=FURO TAPADO  
1,2,3,4=FURO ABERTO

A1234

B1234

#### ARRANJO DE PLACAS POR SECÇÕES

| SEC. | LADO A | LADO B | SEC. | LADO A | LADO B |
|------|--------|--------|------|--------|--------|
| 1    | 10x1   | 9x1    |      |        |        |

#### PROGRAMA TERMICO

| SECÇÃO | PRODUTO      | CAUDAL     | POS. | TEMP. ENT. | POS. | TEMP. SAIDA | PERDA DE PRESSÃO | POTÊNCIA      |
|--------|--------------|------------|------|------------|------|-------------|------------------|---------------|
| 1      | VAPOR 3bar G | 788 kg/h   | S1   | 143°C      | S3   | 143°C       | 0.7 bar          | 400.00 Kcal/t |
|        | ÁGUA         | 10.000 L/h | S4   | 40°C       | S2   | 80°C        | 0.44 bar         |               |

#### JUNTAS

| TIPO  | MATERIAL |
|-------|----------|
| UX-01 | EPDM     |

NOTAS: O LADO DA JUNTA É VOLTADO PARA O BLOCO FIXO  
PLACA TIPO D: COM JUNTA COMPLETA (2 JUNTAS NORMAIS)

NUMERO: 1365TH ANO: 1997 O.S.: 13325

CLIENTE: CURTUMES MIGUEL BRANCO, LDA

DES. Nº : 101/1365TH

DATA : 97/03/11

RUB. : C. Moreira

APROV.: C. PINHO



MODELO

## FH01-HP-20

(CARACTERISTICAS GERAIS)

**PERMUTADOR DE CALOR DE PLACAS**

## E.6. Relatório realizado pelo CTIC para os gases de combustão da caldeira de nafta



### 10. RESULTADOS

Os resultados apresentados foram corrigidos para as condições normais de pressão e temperatura, previstas na legislação aplicável:

Pressão Normal: 760 mm Hg (101,3 KPa) e Temperatura Normal: 0 °C (273,15 K)

Os valores determinados constantes deste relatório são representativos da concentração de poluentes em causa, para o período de tempo em que se realizou a amostragem.

#### 10.1 - FONTE DE EMISSÃO – CALDEIRA NAFTA (REFª CTIC – 0805283)

| Características de Escoamento   |        |
|---|--------|
| Temperatura Ambiente (K):   | 296    |
| Temperatura Média (K):  | 452    |
| Pressão Efectiva (Pa):  | -18    |
| Pressão Absoluta (Pa):  | 99.936 |
| Pressão Ambiente (Pa):  | 99.954 |
| Determinação da velocidade de escoamento (m/s):                                     | 4,1    |
| Isocinetismo (%)  | 95,4   |
| Determinação do caudal de escoamento (Nm <sup>3</sup> gás seco/h):                  | 1.570  |
| Determinação do caudal de escoamento (Nm <sup>3</sup> /h):                          | 1.594  |
| Determinação do caudal de escoamento (Kg efluente seco/h):                          | 2.103  |
| Determinação do caudal de escoamento (Kg efluente húmido/h):                        | 2.135  |
| Amostragem e determinação de Oxigénio (% O <sub>2</sub> )                           | 5,6    |
| Dióxido de Carbono (% CO <sub>2</sub> )   | 11,1   |
| Densidade <sub>PTN</sub> (Kg efluente/Nm <sup>3</sup> ):                            | 1,34   |
| Densidade (Kg efluente/m <sup>3</sup> ):  | 0,81   |
| Determinação de Humidade (m <sup>3</sup> H <sub>2</sub> O/m <sup>3</sup> efluente): | 0,015  |
| Determinação de Humidade (Kg H <sub>2</sub> O/Kg ar seco):                          | 0,011  |






 L0185  
 Ensaios

| Ensaio   | Valor Médio   | VLE  |             |          |
|--|---|--|-------------|----------|
| Amostragem e determinação de Partículas  | Concentração (mg/m <sup>3</sup> N gás seco)                   | 96   | ---         |          |
|  | Concentração 8% O <sub>2</sub> (mg/m <sup>3</sup> N gás seco) | 81   | 300         |          |
|  | Emissão (kg/h)  | 1,5 x 10 <sup>-1</sup>                             | Min: 0,5    | Max: 5   |
| Amostragem e determinação de Óxidos de Azoto (NO <sub>x</sub> como NO <sub>2</sub> ) | Concentração (mg/m <sup>3</sup> N gás seco)                   | 832  | ---         |          |
|  | Concentração 8% O <sub>2</sub> (mg/m <sup>3</sup> N gás seco) | 704  | 1.500       |          |
|  | Emissão (kg/h)  | 1,3  | Min: 2      | Max: 30  |
| Amostragem e determinação de Dióxido de Enxofre (SO <sub>2</sub> )                   | Concentração (mg/m <sup>3</sup> N gás seco)                   | 1.727  | ---         |          |
|  | Concentração 8% O <sub>2</sub> (mg/m <sup>3</sup> N gás seco) | 1.461  | 2.700       |          |
|  | Emissão (kg/h)  | 2,7  | Min: 2      | Max: 50  |
| Amostragem e determinação de Monóxido de Carbono (CO)                                | Concentração (mg/m <sup>3</sup> N gás seco)                   | 214  | ---         |          |
|  | Concentração 8% O <sub>2</sub> (mg/m <sup>3</sup> N gás seco) | 181  | 1.000       |          |
|  | Emissão (kg/h)  | 3,4 x 10 <sup>-1</sup>                             | Min: 5      | Max: 100 |
| COV's – Carbono Total*   | Concentração (mg/m <sup>3</sup> N gás seco)                   | 18   | ---         |          |
|  | Concentração 8% O <sub>2</sub> (mg/m <sup>3</sup> N gás seco) | 15   | 50          |          |
|  | Emissão (kg/h)  | 2,8 x 10 <sup>-2</sup>                             | Min: 2      | Max: 30  |
| Cádmio Total (Cd)*   | Concentração (mg/m <sup>3</sup> N gás seco)                   | < 1,9 x 10 <sup>-2</sup> (LQ)                      | ---         |          |
|  | Concentração 8% O <sub>2</sub> (mg/m <sup>3</sup> N gás seco) | < 1,6 x 10 <sup>-2</sup> (LQ)                      | 0,2         |          |
|  | Emissão (kg/h)  | < 3,0 x 10 <sup>-5</sup> (LQ)                      | Min : 0,001 | Max: NF  |
| Arsénio Total (As)*  | Concentração (mg/m <sup>3</sup> N gás seco)                   | < 1,9 x 10 <sup>-2</sup> (LQ)                      | ---         |          |
|  | Concentração 8% O <sub>2</sub> (mg/m <sup>3</sup> N gás seco) | < 1,6 x 10 <sup>-2</sup> (LQ)                      | ---         |          |
|  | Emissão (kg/h)  | < 3,0 x 10 <sup>-5</sup> (LQ)                      | Min : --    | Max: --  |
| Níquel Total (Ni)*   | Concentração (mg/m <sup>3</sup> N gás seco)                   | < 1,9 x 10 <sup>-2</sup> (LQ)                      | ---         |          |
|  | Concentração 8% O <sub>2</sub> (mg/m <sup>3</sup> N gás seco) | < 1,6 x 10 <sup>-2</sup> (LQ)                      | ---         |          |
|  | Emissão (kg/h)  | < 3,0 x 10 <sup>-5</sup> (LQ)                      | Min : --    | Max: --  |
| Metais Totais II (As+Ni)*  | Concentração (mg/m <sup>3</sup> N gás seco)                   | ]1,9 x 10 <sup>-2</sup> ; 3,8 x 10 <sup>-2</sup> [ | ---         |          |
|  | Concentração 8% O <sub>2</sub> (mg/m <sup>3</sup> N gás seco) | ]1,6 x 10 <sup>-2</sup> ; 3,2 x 10 <sup>-2</sup> [ | 1           |          |
|  | Emissão (kg/h)  | ]3,0 x 10 <sup>-5</sup> ; 6,0 x 10 <sup>-5</sup> [ | Min : 0,005 | Max: NF  |
| Cobre Total (Cu)*  | Concentração (mg/m <sup>3</sup> N gás seco)                   | < 1,9 x 10 <sup>-2</sup> (LQ)                      | ---         |          |
|  | Concentração 8% O <sub>2</sub> (mg/m <sup>3</sup> N gás seco) | < 1,6 x 10 <sup>-2</sup> (LQ)                      | ---         |          |
|  | Emissão (kg/h)  | < 3,0 x 10 <sup>-5</sup> (LQ)                      | Min : --    | Max: --  |
| Crómio Total (Cr)*   | Concentração (mg/m <sup>3</sup> N gás seco)                   | < 1,9 x 10 <sup>-2</sup> (LQ)                      | ---         |          |
|  | Concentração 8% O <sub>2</sub> (mg/m <sup>3</sup> N gás seco) | < 1,6 x 10 <sup>-2</sup> (LQ)                      | ---         |          |
|  | Emissão (kg/h)  | < 3,0 x 10 <sup>-5</sup> (LQ)                      | Min : --    | Max: --  |
| Chumbo Total (Pb)*   | Concentração (mg/m <sup>3</sup> N gás seco)                   | < 1,9 x 10 <sup>-2</sup> (LQ)                      | ---         |          |
|  | Concentração 8% O <sub>2</sub> (mg/m <sup>3</sup> N gás seco) | < 1,6 x 10 <sup>-2</sup> (LQ)                      | ---         |          |
|  | Emissão (kg/h)  | < 3,0 x 10 <sup>-5</sup> (LQ)                      | Min : --    | Max: --  |
| Metais Totais III (Cu+Cr+ Pb)*   | Concentração (mg/m <sup>3</sup> N gás seco)                   | ]1,9 x 10 <sup>-2</sup> ; 5,7 x 10 <sup>-2</sup> [ | ---         |          |
|  | Concentração 8% O <sub>2</sub> (mg/m <sup>3</sup> N gás seco) | ]1,6 x 10 <sup>-2</sup> ; 4,8 x 10 <sup>-2</sup> [ | 5           |          |
|  | Emissão (kg/h)  | ]3,0 x 10 <sup>-5</sup> ; 9,0 x 10 <sup>-5</sup> [ | Min : 0,025 | Max: NF  |

Nota: LQ – limite de Quantificação do Método  
 \* - Este ensaio não é acreditado.

## Anexo E.7. Orçamento sistema de controlo

SPIRAX SARCO - Equipamentos Industriais  
Rua Antonio Rodrigues da Rocha, 465  
Vila Nova de Gaia  
4400-025 VILA NOVA DE GAIA - PORTU

Contribuinte N°: 501164375  
Reg. Oeiras - Matricula 09615  
C.Social: 433954,17

De .....: FERNANDO SOUSA  
Proposta N° : LA/ 9101231  
V/Referência : EQ DIVERSO  
Data .....: 2009/ 6/ 5  
Filial .....: VENDASPORTO@PT.SPIRAXSARCO.COM  
TEL:22 7151450  
Validade ....: 60 Dias

Pág.: 1

CURTUMES AVENEDA, LDA.  
ATT.Sr(a) JOAQUIM ANDRADE  
S. VICENTE PEREIRA  
3880 OVAR  
20365 / 02 / 211  
Fax: 256 899 081  
Tlf: 256 899 080

Ex.mo Senhores

Acusamos a recepção da Vossa prezada consulta, a qual agradecemos e submetemos à Vossa apreciação os seguintes equipamentos/ Serviços.

| Pos.                                 | Descrição  | TI | Quantidade | V.Unitário | D  | Valor Líquido |
|--------------------------------------|--|----|------------|------------|----|---------------|
| <b>1. CONTROLO DE NIVEL DEPÓSITO</b> |  |    |            |            |    |               |
| 1.1                                  | CONT LC1300+2AL+BOMBA+LP10-4 1M<br>CONJUNTO DE CONTROLO DE NÍVEL CONDUCTIVO<br>CONSTITUÍDO POR:<br>MÓDULO DE ENERGIA E ALARME LC1300<br>MÓDULO DE ALARME LC1300<br>MÓDULO DE BOMBA LC1300<br>CORPO DA SONDA LP10-4<br>CONJUNTO DE VARETAS P/ LP10-4 1000 MM<br>ADEQUADO PARA LÍQUIDOS CONDUCTIVOS COM<br>2 ALARMES DE NÍVEL E CONTROLO BOMBAGEM  |    | 1,000      | 1.025,00   | ,0 | 1.025,00      |
| <b>1.2 ALTERNATIVA</b>               |  |    |            |            |    |               |
| <b>SUBTOTAL</b>                      |  |    |            |            |    |               |
| 1.2.1                                | CONTROLADOR NÍVEL LC 2610 UNIVERSAL P402-94<br>CONTROLADOR DE MONTAGEM EM PAINEL PARA<br>CONTROLO MODULANTE OU ON/OFF DA ALIMENTA<br>ÇÃO DE ÁGUA A CALDEIRAS USANDO SONDA CA-<br>PACITIVA INCLUINDO 2 ALARMES DE NÍVEL,<br>TRANSMISSOR DE 4-20MA OU SAÍDA CONTROLO<br>CONTROLO SIMPLES POR SONDA CAPACITIVA OU<br>A 2 OU 3 ELEMENTOS USANDO CONTADORES.<br>ENTRADA SINAL 4-20 MA ALIMENTAÇÃO EXT.<br>CÓDIGO DE SEGURANÇA DE ACESSO<br>ALIMENTAÇÃO 220/115 VAC 50/60HZ<br>PROTECÇÃO PAINEL IP65 |    | 1,000      | 1.017,00   | ,0 | 1.017,00      |

Continua

| Valor | Desconto | Valor Líquido | IVA | Total c/IVA |
|-------|----------|---------------|-----|-------------|
|       |          |               |     |             |

SPIRAX SARCO - Equipamentos Industriais  
 Rua Antonio Rodrigues da Rocha, 465  
 Vila Nova de Gaia  
 4400-025 VILA NOVA DE GAIA - PORTU

Contribuinte N°: 501164375  
 Reg. Oeiras - Matricula 09615  
 C.Social: 433954,17

Proposta N°.: 9101231

Pág.: 2

| Pos.   | Descrição                           | TI      | Quantidade | V.Unitário | D  | Valor Líquido  |
|--|-------------------------------------|---------|------------|------------|----|----------------|
| UTILIZAÇÃO COM VÁLVULA DE CONTROLO ELÉCTRICA OU PNEUMÁTICA |                                     |         |            |            |    |                |
| 1.2.2  | TRANS PRESSÃO EL2600 0- 1.0 barM    | P322-02 | 1,000      | 643,00     | ,0 | 643,00         |
| <b>SUBTOTAL</b>  |                                     |         |            |            |    | <b>1660,00</b> |
| 1.3 CONTADOR DE ÁGUA                                       |                                     |         |            |            |    |                |
| 1.3.1  | CONTADOR C/ EMISSOR IMPULSOS        |         | 1,000      | 510,00     | ,0 | 510,00         |
| <b>SUBTOTAL</b>  |                                     |         |            |            |    | <b>510,00</b>  |
| 1.4 VALVULAS CORTE AUTOMATICO                              |                                     |         |            |            |    |                |
| 1.4.1  | VAL PN ON/OFF PF61G-2NC 2"          | P373-13 | 9,000      | 241,00     | ,0 | 2.169,00       |
| 1.4.2  | VAL SOLEN DM23 24V AC 1/4"          | P373-04 | 9,000      | 44,00      | ,0 | 396,00         |
| <b>SUBTOTAL</b>  |                                     |         |            |            |    | <b>2565,00</b> |
| 1.5 VAL MISTURADORA  |                                     |         |            |            |    |                |
| 1.5.1  | VAL CONT QL 73M Kv 35.0 DN 50 PN25  | P359-04 | 1,000      | 1.163,00   | ,0 | 1.163,00       |
| 1.5.2  | POSICIONADOR ELPN EP5M 0-7B 4-20MA  | P343-08 | 1,000      | 821,00     | ,0 | 821,00         |
| 1.5.3  | ACTUADOR PN 9123E 2.0-4.0 BAR       | P357-30 | 1,000      | 266,00     | ,0 | 266,00         |
| 1.5.4  | CONJ FILTRO REG MPC2 0.3-4.0B 1/4"  | P054-04 | 1,000      | 131,00     | ,0 | 131,00         |
| <b>SUBTOTAL</b>  |                                     |         |            |            |    | <b>2381,00</b> |
| 1.6 SONDAS TEMPERATURA                                     |                                     |         |            |            |    |                |
| 1.6.1  | SONDA PT100 CR-BNN 200-50-PB10-250  |         | 2,000      | 101,00     | ,0 | 202,00         |
| 1.6.2  | BAINHA 316L 150MM 1/2" NPT P/ PT100 |         | 2,000      | 60,00      | ,0 | 120,00         |
| 1.7 CONTROLADOR PID  |                                     |         |            |            |    |                |
| 1.7.1  | CONTROLADOR EL HS-7300 MULTIL 220V  |         | 1,000      | 1.117,00   | ,0 | 1.117,00       |
| <b>SUBTOTAL</b>  |                                     |         |            |            |    | <b>1439,00</b> |
| 1.8 SELECTOR DOS FOULONS                                   |                                     |         |            |            |    |                |
| 1.8.1  | PONTO TESTE REMOTO R12 SPIRATEC     | P087-02 | 1,000      | 432,00     | ,0 | 432,00         |
| <b>SUBTOTAL</b>  |                                     |         |            |            |    | <b>432,00</b>  |

FORNECIMENTO DOS EQUIPAMENTOS SOLTOS

Última Página

| Valor    | Desconto | Valor Líquido | IVA     | Total c/IVA |
|----------|----------|---------------|---------|-------------|
| 10012,00 | 0,00     | 10012,00      | 2002,40 | 12014,40    |

Oportunamente serão contactados pelo nosso técnico Sr.FERNANDO SOUSA  
 Em anexo enviamos as condições comerciais.

De V.Exas  
 Atentamente

Director Regional  
 De Vendas

