

Avaliação da influência do processamento tecnológico no índice glicémico de produtos de arroz

Margarida Sofia de Oliveira Pantaleão

Dissertação para a obtenção de Grau de Mestre em

Engenharia Alimentar

Orientador (es): Professora Dr. Anabela Raymundo

Professor Dr. Jorge Oliveira

Júri:

Presidente: Doutora Margarida Gomes Moldão Martins, Professora Auxiliar com Agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

Vogais:

Doutora Isabel Maria Nunes de Sousa, Professora Associada com Agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

Doutora Anabela Cristina da Silva Naret Moreira Raymundo, Professora Auxiliar com Agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

2017

Agradecimentos

A realização desta dissertação de mestrado contou com o apoio direto e indireto de algumas pessoas às quais gostaria de expressar algumas palavras de agradecimento.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao Professor Dr. Jorge Oliveira Senior Lecturer na University College Cork, pelo apoio, compreensão e disponibilidade durante o desenvolvimento deste projeto.

Em segundo lugar, expresso o meu apreço pela Professora Dra. Anabela Raymundo, pela sua disponibilidade e apoio durante a elaboração da dissertação.

Gostaria também de agradecer à aluna de doutoramento Andresa Ramos, que dado os seus conhecimentos e experiência prévia, foi capaz de me auxiliar ao longo da realização deste trabalho.

Por último, gostaria de expressar a minha profunda gratidão ao meu namorado por todo o apoio e incentivo ao longo desta última etapa, e à minha mãe e pai que me proporcionaram a oportunidade de realizar esta dissertação em Cork, podendo assim ter acesso a novas e enriquecedoras experiências.

Resumo

Existe uma forte evidência de que o consumo de alimentos ricos em amido resistente, como o arroz, é favorável no controlo de doenças metabólicas. Devido à lenta digestão e absorção de hidratos de carbono, estes alimentos poderão não levar à ocorrência de picos glicémicos.

Sendo assim, surge uma oportunidade de promover a ingestão de amido resistente sem que seja necessária uma alteração drástica nas dietas. Porém, as técnicas de processamento e preparação dos alimentos podem influenciar o teor de amido resistente. Portanto, o desenvolvimento de uma técnica, simples e económica, que permita avaliar a resposta glicémica dos produtos de arroz, poderá apoiar na seleção de alimentos mais saudáveis.

O presente trabalho teve como objetivo aplicar e validar o método de Goñi *et al.* (1997) para a determinação do índice glicémico (IG) em diferentes tipos de arroz e métodos de processamento culinário. Este foi aplicado a amostras de arroz branco, integral e tipo sushi cozidos em água sem e com adição de sal e em amostras de arroz pré-confecionado. Os resultados obtidos não permitiram a validação do método, atentando a que na maioria dos casos, os valores determinados ficaram muito distantes dos encontrados na literatura.

Palavras-chave: Amido, arroz, índice glicémico, amido resistente.

Abstract

Globally, especially in the western world, the health problems associated with the consumption of sugar-rich products has been substantially increasing. Evidence suggests that ingesting foods with high levels of resistant starch can be beneficial in the control of the adverse effects, caused by the consumption of high sugar foods. Due to the slow ingestion and absorption of carbohydrates, starch-rich foods may not lead to high sugar peaks.

Because rice is widely consumed, one can take advantage of this fact to encourage the consumption of resistant starch without having to drastically change the diets. Nevertheless, the processing and preparation of rice can influence the amount of resistant starch and hence the glycemic response. Therefore, it is important to develop a simple and efficient technique to evaluate this response using different types of rice, which in turn may aid in the selection of healthier foods.

The objective of the present work is to apply and validate the Goñi *et al.* (1997) method to determine the glycemic response (GI) using different rice types and cooking methods. In this case, the method is applied to samples of white rice, brown rice, and sushi rice both cooked in water with and without salt. The method was also applied to samples of pre-cooked rice.

The results obtained from this method did not allow its accurate validation since in most cases the results were not satisfactory. In the samples of cooked rice in plain water, only the Brown rice (GI 55,33) was in compliant with the tabulated values. In the case of boiled rice samples with added salt, all the results were lower than expected, especially the brown rice and sushi rice whose values were negative. In the case of pre-cooked rice, only the results obtained from the rice with algae were close to the tabulated. The samples of white rice and whole basmati rice were negative.

Key-words: Starch, rice, glycaemic indices, resistant starch.

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo	iv
Abstract.....	v
Índice de Figuras.....	viii
Índice de Tabelas.....	ix
Abreviaturas.....	x
1. Introdução.....	1
2. Enquadramento teórico.....	3
2.1. A importância do arroz	3
2.1.1. Arroz na alimentação humana	4
2.1.2. Planta do arroz	6
2.1.3. O Arroz na Europa	7
2.1.4. Processamento.....	9
2.1.5. Qualidade do arroz	10
2.1.6. Processamento do Arroz e a sua influência nas propriedades nutricionais	11
2.1.7. Formas de consumir arroz.....	13
2.2. Amido	14
2.2.1. Propriedades do amido	14
2.2.2. Digestão do amido	17
2.3. Índice Glicémico (IG)	18
2.4 Amido resistente e alimentos funcionais	19
2.5. Efeito do processamento no IG	21
3. Materiais e métodos	25
3.1. Materiais	25
3.2. Métodos	26
3.2.1. Cozimento do arroz em água	27
3.2.2. Adição de sal	27
3.2.3. Cozimento em micro-ondas.....	28
3.2.4. Avaliação do Índice glicémico	28
3.2.5. Tratamento estatístico.....	28
4. Resultados e discussão.....	29
4.1. Curva de Calibração	29
4.2. Impacto da cozedura em água.....	30
4.3. Impacto da adição de sal na cozedura	33

4.4. Arroz pré-confecionado	35
5.5 Comparação do amido digerível entre as várias amostras	38
5. Conclusões	39
6. Referências Bibliográficas:.....	40
7. Anexos.....	44
Anexo 1 – Fotografias das embalagens das amostras utilizadas	45
Anexo 1.1. Fotografias das embalagens das amostras de Arroz utilizado para cozinhar em água.....	45
Anexo 1.2. Fotografias das embalagens das amostras de Arroz pré-confecionado.....	46
Anexo 2. Plano de trabalho e Análise Preliminar de Riscos (Project HAZOP).....	50
Anexo 3. Tratamento estatístico.....	58
Anexo 3.1. Tratamento estatísticos das amostras de arroz cozidas em água.....	58
Anexo 3.2. Tratamento estatístico das amostras de arroz cozidas em água com adição de sal	59
Anexo 3.3. Tratamento estatístico das amostras de arroz pré-confecionadas.....	60
Anexo 3.4. Comparação do amido digerível entre as várias amostras.....	61

Índice de Figuras

Figura 1 - Estrutura do grão de arroz.....	6
Figura 2 – Esquema geral da produção de arroz.....	9
Figura 3 - Estrutura da amilose e amilopectina	15
Figura 4 - Esquema da digestão do amido	17
Figura 5 - Indicação de preparação e cozedura que se encontra na embalagem do arroz integral (brown rice) da marca <i>Tilda</i>	27
Figura 6 -Gráfico de barras com os valores médios de amidos total e amido resistente das amostras cozidas em água de arroz branco, arroz integral e arroz tipo sushi e desvios padrão	31
Figura 7 - Gráfico de barras com os valores médios de amidos total e amido resistente das amostras cozidas em água com adição de sal de arroz branco, arroz integral e arroz tipo sushi e desvios padrão ..	34
Figura 8 - Gráfico de barras com os valores médios de amidos total e amido resistente das amostras pré-cozinhadas de arroz branco, arroz integral e arroz tipo sushi e desvios padrão	36
Figura 9 - Embalagem de arroz branco marca <i>tesco</i> designado por <i>long grain rice</i>	45
Figura 10 – Embalagem de arroz integral marca <i>tesco</i> , designado por <i>brown rice</i>	45
Figura 11 - Arroz tipo sushi marca <i>tesco</i> , designado por <i>pudding rice</i>	46
Figura 12 - Arroz de vegetais para micro-ondas marca <i>tesco</i> , designado por <i>golden vegetable rice</i>	46
Figura 13 - Arroz branco para micro-ondas marca <i>tesco</i> , designado por <i>long grain rice</i>	47
Figura 14 - Arroz basmati integral para micro-ondas marca <i>Tilda</i> , designado por <i>brown basmati</i>	47
Figura 15 - Arroz com quinoa para micro-ondas marca <i>Uncle Ben's</i> , designado por <i>wholegrain and quinoa</i>	48
Figura 16 -Arroz basmati para micro-ondas marca <i>Uncle Ben's</i> , designado por <i>basmati rice</i>	48
Figura 17 - Arroz com algas, amostra fornecida, teor desconhecido.	49

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Percentagem de nutrientes perdidos durante a cozedura e pré-lavagem do arroz	13
Tabela 2 - Índice glicémico para diferentes tipos de arroz, com diferentes tipos de processamento culinário	23
Tabela 3 – Descrição das características das amostras de arroz utilizadas para a cozedura em água e cozedura em água com adição de sal	25
Tabela 4 – Descrição das características do produto das amostras de arroz pré-confecionado utilizado ..	26
Tabela 5 - Teor de amido digerível de arroz branco, arroz integral e arroz tipo sushi, determinado a partir das amostras cozidas em água através dos cálculos obtido em anexo (anexo 3.1.)	31
Tabela 6 - Teor de amido digerível de arroz branco, arroz integral e arroz tipo sushi cozido em água com adição de sal obtidos através da análise dos cálculos em anexo (anexo 3.2.).....	34
Tabela 7 - Quadro resumo do teor de amido das amostras de arroz de micro-ondas, obtidos através dos cálculos em anexo (anexo 3.3.).....	37
Tabela 8 - Cálculos efetuados a partir do peso e absorvância a 17°C das amostras de arroz cozidas em água	58
Tabela 9 - Cálculos efetuados a partir do peso e absorvância a 17°C das amostras de arroz cozidas em água com adição de sal	59
Tabela 10 - Cálculos efetuados a partir do peso e absorvância a 17°C das amostras de arroz pré-confecionadas.....	60
Tabela 11 - Teste tukey usd aos resultados obtidos de amido digerível das amostras de arroz cozidas em água, amostras de arroz cozidas em água com adição de sal e amostras de arroz pré-confecionadas	61
Tabela 12 - Teste one way anova aos resultados obtidos de amido digerível das amostras de arroz cozidas em água, amostras de arroz cozidas em água com adição de sal e amostras de arroz pré-confecionadas.....	61
Tabela 13 - Teste post - hoc analysis aos resultados obtidos de amido digerível das amostras de arroz cozidas em água, amostras de arroz cozidas em água com adição de sal e amostras de arroz pré-confecionadas.....	62

Abreviaturas

CAP – Política agrícola comum

CG – Carga glicémica

DS – Digestible starch

EUA – Estados Unidos da América

EFSA – European food safety authority

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations

IG - Índice Glicémico

RDS – Rapidly digestive starch

RS – Resistant starch

SDS – Slowly digestible starch

TS – Total starch

USDA - United States Department of Agriculture

1. Introdução

Globalmente os problemas de saúde têm vindo a alastrar-se devido à intensificação do consumo de alimentos ricos em açúcar, especialmente no mundo ocidental (GRiSP, 2013). Doenças não infecciosas tais como diabetes, colesterol e obesidade estão a alastrar-se por todos os grupos etários e sociais. Existe uma forte evidência de que os consumos de alimentos ricos em amido resistente, como o arroz, são favoráveis no controlo destas doenças metabólicas. Pois, devido à lenta digestão e absorção de hidratos de carbono, estes alimentos não levam à ocorrência de picos glicémicos.

Sendo que o arroz é um alimento amplamente consumido, surge assim uma oportunidade de estimular a ingestão de amido resistente sem que seja necessária uma alteração drástica nas dietas de cada região. Porém, as técnicas de processamento e preparação dos alimentos podem influenciar o teor de amido resistente. Por esse motivo, a existência de um parâmetro simples e eficiente que demonstre a possível influência que um produto de arroz possa vir a ter no organismo, poderá ter um impacto significativo na forma como as populações selecionam o tipo de arroz e qual o processamento culinário mais benéfico.

O índice glicémico (IG) representa uma ferramenta útil que permite determinar facilmente o aumento do açúcar no sangue e a rapidez com que o organismo responde a este aumento. O IG permite classificar os hidratos de carbono tendo como base a taxa de resposta glicémica. Este método pode ser aplicado ao arroz e produtos derivados de forma a compreender o efeito no corpo humano. A aplicação deste método a produtos comercializados constitui um fator de valorização comercial, pois um produto que permita atenuar os efeitos das taxas elevadas de açúcar no sangue, poderá ser vendido por um valor superior.

Esta dissertação de 2º ciclo em Engenharia Alimentar, realizada no âmbito do programa Erasmus+, surge na sequência de um trabalho de investigação prévio, realizado por Tércia Lopes na mesma instituição de ensino (*University College Cork*). Neste projeto, foram selecionados e avaliados seis métodos de determinação do IG, sendo que o método de Goñi *et al.* (1997) foi considerado economicamente mais viável. Como tal, este foi o método utilizado no presente trabalho.

O presente trabalho teve como objetivo aplicar e validar o método referido para a determinação do índice glicémico (IG) em diferentes tipos de arroz e métodos de processamento culinário. Numa primeira etapa, o método foi aplicado a amostras de arroz cozido em água sem sal. Durante esta etapa, adaptou-se o método de forma a diminuir o erro associado ao mesmo. Numa segunda etapa, foram utilizadas as mesmas amostras de arroz, porém cozidas em água com a adição de sal. E numa terceira etapa, o método foi aplicado a diferentes tipos de arroz pré-confecionado.

O presente trabalho está dividido em 6 Capítulos. No Capítulo 2, é dado um enquadramento teórico do tema. No Capítulo 3 é descrito o procedimento experimental necessário a realização deste trabalho. No Capítulo 4, são apresentados os resultados e a discussão. No Capítulo 5, são apresentadas as conclusões do trabalho do trabalho.

2. Enquadramento teórico

2.1. A importância do arroz

O arroz é um cereal da espécie *oryza sativa* ou *oryza glaberrima*. A primeira é cultivada pelo mundo inteiro enquanto a segunda é cultivada predominantemente nas zonas ocidentais africanas. É um dos componentes essenciais na maioria das dietas humanas, sendo uma das fontes primárias e mais baratas de hidratos de carbono e de calorias para muitas nações (Frey *et al.*, 2003). O arroz providencia 19% de energia humana global *per capita* e 13% das proteínas consumidas globalmente por humanos (GRiSP, 2013), sendo o grão mais produzido no mundo, a seguir ao milho. É também um dos alimentos mais amplamente utilizados da cultura Asiática (Zhu *et al.*, 2011). Este cereal é caracterizado por um elevado conteúdo de amido (aproximadamente 90% em grãos brancos refinados), apesar de este conteúdo poder variar nas diferentes variedades de grão (Denardi *et al.*, 2007).

Sendo o arroz um dos cereais com maior importância a nível mundial na nutrição humana conhecer as suas características nutricionais e a sua influência na saúde humana é vital para a sua utilização eficiente.

Os problemas de saúde devido à intensificação do consumo de alimentos ricos em açúcar, têm aumentado drasticamente nos últimos anos. Doenças não infecciosas como diabetes, colesterol e obesidade alastram-se continuamente por todos os grupos sociais e etários. Atualmente é previsto que as atuais gerações de crianças nos países ocidentais, como Portugal, tenham uma esperança média de vida inferior à dos seus progenitores devido a estas doenças não infecciosas. Existem algumas evidências de que o consumo de alimentos ricos em amido resistente, podem favorecer a gestão de distúrbios metabólicos como os diabetes e a dislipidemia, uma vez que a digestão e absorção dos hidratos de carbono no caso dos de origem de amido resistente, é muito mais lenta e gradual (Peisong Hua *et al.*, 2004), não levando a picos glicémicos.

O arroz, tendo um elevado teor de amido, possui algumas variedades mais ricas em amido resistente, que outras. Sendo por isso um alimento a considerar no combate a estas doenças. Além disso, o arroz é um dos cereais mais consumidos na dieta humana, sendo assim, possível aumentar o consumo de amido resistente, mudando a variedade de arroz que se consome. Sendo assim possível, com um pequeno ajuste na dieta beneficiar uma larga escala da população humana. Para isso é essencial informar o consumidor sobre os produtos que está a adquirir, sendo importante produzir produtos à base de arroz que satisfaçam a procura.

Ter um método eficiente e de baixo custo para determinar o índice glicémico (IG) no arroz, é assim essencial. Tornando-se uma ferramenta na criação de valor de produto. A seleção de uma variedade de arroz específica para diabéticos e que ao mesmo tempo possa ter como *target market* o sector de saúde e bem-estar, vai ter como consequência um produto diferenciado, com um valor de

venda superior, trazendo às empresas produtoras um fator de diferenciação e de competitividade. Contudo para conseguir chegar a uma ferramenta que rapidamente permite analisar o arroz a ser comercializado, é necessário também ter em conta não só as propriedades intrínsecas do grão de arroz, mas também o método de processamento culinário do mesmo e as variedades culturais na forma de preparação e consumo deste bem.

2.1.1. Arroz na alimentação humana

Como referido anteriormente, os cereais têm vindo a ser a fonte predominante de energia na alimentação humana, devido às suas características nutricionais e ao seu alto valor energético (Muthayya *et al.*, 2014). O arroz é um desses casos, sendo a fonte principal de alimento para cerca de 2,5 biliões de pessoas. Aproximadamente 90% do arroz do mundo é produzido nos “*rice countries*” ou países do arroz, referindo-se à parte sudoeste e nordeste da Ásia (Bhattacharya, 2011).

Mais de metade da população mundial depende do arroz como principal fonte de alimento. As características desta planta fazem com que seja uma cultura extremamente adaptável, podendo crescer numa ampla diversidade de climas e condições. Atualmente é cultivado em todos os continentes, exceto na Antártida, desde o nível médio do mar até 3 000 metros de altitude, podendo ser encontrado submerso em 2 a 3 metros de profundidade ou em zonas áridas (Bhattacharya, 2011). A dispersão desta planta iniciou-se na Ásia e propagou-se por todo o mundo. Esta expansão deveu-se essencialmente à época dos descobrimentos. Portugal disseminou esta planta pelo Brasil (Pinto, 2015), enquanto Espanha a fez alastrar pelo resto da América do sul e América central (GRiSP, 2013).

Além de ter um papel importante na alimentação, o arroz tem também um grande impacto na economia mundial, bem como no desenvolvimento social e cultural. A produção e venda deste cereal tem um grande impacto nas atividades económicas a nível mundial e no rendimento das populações rurais (Bhattacharya, 2011), sendo cultivado em mais de 144 milhões de campos agrícolas. É importante referir que a maioria destes campos agrícolas têm uma dimensão menor a 1 hectare (GRiSP, 2013) sendo o seu principal destino o uso doméstico.

Contudo, existem alguns paradoxos associados ao cultivo de arroz: O primeiro de todos será o facto o arroz conseguir alimentar metade da população mundial e ao mesmo tempo 90% do mesmo ser produzido e consumido na região da Ásia conhecida como *country rice* (Pinto, 2015). Para perceber esta aparente incoerência é necessário compreender a importância dos cereais como sustento da humanidade. Em 2010, as 3 maiores culturas no mundo com uma produção anual de 600 milhões de toneladas, são o trigo, o milho e o arroz (*paddy*) (Bhattacharya, 2011). Culturas menores como cevada, sorgo, centeio e outros têm como a soma da sua produção anual a mesma proporção da soma da produção das três maiores culturas. Assim sendo, o arroz representa cerca de um quarto de cereais produzidos mundialmente e ao mesmo tempo alimenta metade da população. Algumas hipóteses para explicar esta particularidade, centram-se na utilização do arroz. O arroz é um cereal

caro, por esse motivo é usado na sua maioria diretamente na alimentação humana e não é usado com outros propósitos. Segundo a FAO, no relatório de julho de 2017, foram utilizados 397,2 milhões de toneladas diretamente para a alimentação humana, enquanto apenas 18 milhões de toneladas foram utilizadas na alimentação animal e 79,2 de milhões de toneladas foram utilizadas para outros fins (FAO, 2017). Isto significa que 80,4% do arroz foi utilizado diretamente na alimentação humana. Por outro lado culturas como trigo e milho são usados predominantemente para a alimentação animal e para fins industriais (Bhattacharya, 2011). Isto implica que, apesar de o arroz ser uma cultura extremamente adaptável, a sua produção é cara comparada a cereais como trigo e milho, explicando assim o seu uso maioritário no consumo humano.

Como referido anteriormente, a Ásia é o maior produtor de arroz mundial. O cultivo de arroz centrado na Ásia é caracterizado por plantações em campos com dimensões inferiores ou iguais a 1 hectare (GRiSP, 2013), pode-se deduzir que nestas condições se está perante campos agrícolas pouco mecanizados, utilizando-se técnicas rudimentares, com baixa produtividade. Comparando com países como os Estados Unidos da América (EUA), onde existem campos agrícolas de grandes dimensões e altamente mecanizados, com grande eficiência e alta produtividade. Contudo, a China e Índia juntos produzem 50% do arroz mundial. Se à China e Índia se juntar outros países asiáticos como Indonésia, Bangladesh, Vietname, Myanmar, Tailândia, Filipinas, Japão, Paquistão, Camboja, República da Coreia, Nepal e Sri Lanka, estão representados os produtores de 90% do arroz. Estes países, como referido anteriormente, são caracterizados por uma agricultura pouco mecanizada, altamente dependente de trabalho manual. Países como o Brasil, EUA, Egito, Madagáscar e Nigéria, apesar de serem considerados os maiores produtores não-asiáticos do mundo, todos juntos, apenas contam com 5% da produção mundial de arroz (Muthayya *et al.*, 2014).

Por este motivo, o arroz é utilizado na sua maioria para autoconsumo. Ou seja, este cereal é utilizado diretamente na alimentação humana. Esta afirmação é apoiada pela baixa exportação de arroz, cerca de 8,88% do arroz entra nas trocas internacionais (AMIS, 2017), este valor é considerado baixo quando comparado com cereais como o trigo, que representam uma percentagem de cerca 23,12% nas trocas mundiais (AMIS, 2017).

Outro fator que explica o fenómeno acima apresentado é a grande densidade populacional da Ásia. Mais de metade da população mundial (54%) reside na Ásia, fazendo com que grande parte da população resida nos chamados *country rice* (Bhattacharya, 2011). Uma vez que o arroz é um dos ingredientes base da alimentação asiática, como foi referido anteriormente, mais de metade da população consome assim este cereal, como parte essencial da sua dieta (Muthayya *et al.*, 2014). Podendo esta ser uma das razões que explica a importância deste cereal na atual alimentação humana, e do grande consumo do mesmo.

O arroz é um dos grãos mais antigos presentes na alimentação humana, tendo registos da sua domesticação com mais de 10 000 anos. O primeiro local de domesticação ainda é fonte de algum debate, porém este cereal já alimentou mais populações ao longo da história humana, do que qualquer outro cereal (GRiSP, 2013).

2.1.2. Planta do arroz

O arroz é considerado uma cultura anual semiaquática, contudo devido à investigação e pesquisa com o intuito de aumentar a sua produtividade é possível atualmente ter 2 a 3 culturas por ano (Muthayya *et al.*, 2014). O investimento na pesquisa e investigação científica proporcionou também 75% das variedades que são utilizadas atualmente, bem como um aumento de produtividade de 4 para 10 toneladas por hectare, aumentando assim a produção de 250 para 700 milhões de toneladas nos últimos 50 anos (GRiSP, 2013). A sua semente é monocotiledónea, e à semelhança de outras sementes monocotiledóneas é composto por quatro camadas principais, a casca, a película ou farelo, o endosperma e o germe, como é possível observar na figura 1. Sendo o germe a estrutura mais interior, seguidamente o endosperma, a película é uma camada que cobre o endosperma e a casca é a camada protetora que envolve a película, sendo assim a camada mais exterior do grão (Yoshida, 1981).

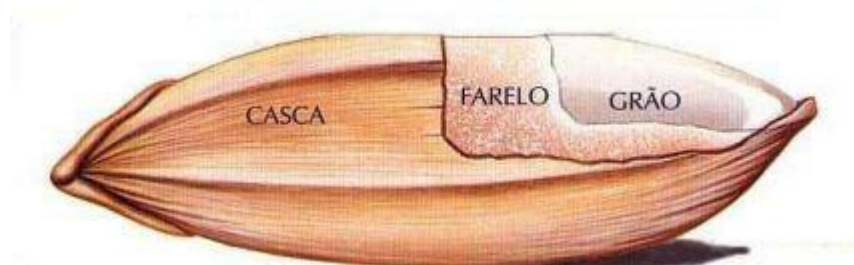


FIGURA 1 - ESTRUTURA DO GRÃO DE ARROZ. FONTE: [HTTP://WWW.UFRGS.BR/ALIMENTUS1/TERRADEARROZ/GRAO/GR_DIVISAO.HTM](http://www.ufrgs.br/alimentus1/terradearroz/grao/gr_divisao.htm)

Dependendo do tipo de processamento, e do produto final pretendido, o arroz poderá apresentar características diferentes. O arroz branco é caracterizado por ser um grão branco, translúcido e uniforme, uma vez que no seu processamento são retiradas a casca e farelo, e é feito um tratamento de branqueamento. O arroz integral, em contrapartida, é caracterizado por ser um grão amarelado/acastanhado, onde é visível a camada do farelo, e por vezes alguns resíduos de casca. Este processamento altera não apenas o aspeto do grão, mas também, a sua composição nutricional, textura e sabor (Yoshida, 1981).

Como referido anteriormente, apesar de existirem várias espécies de arroz, as duas espécies mais importantes são a *oryza sativa* e a *oryza glaberrima*. A espécie *oryza sativa* é a mais importante e mais comercializada a nível mundial, sendo por isso aquele em que este trabalho se irá focar. A espécie *oryza sativa* têm varias variedades, as variedades *Indica* e *Japónica* e mais recentemente *Javanica*. Estas são as variedades cultivadas mais comuns (Muthayya *et al.*, 2014). A variedade *Indica* cresce maioritariamente nas zonas tropicais e subtropicais, como as Filipinas, Índia e Indonésia. As suas plantas são caracterizadas pelo caule alto e finos ou largos, e folhas verdes claras (GRiSP,

2013). Os seus grãos são caracterizados por serem pequenos ou longos, geralmente finos, e elevado conteúdo de amilose (mais de 20%), quando cozinhados têm uma textura firme, não pegajosa. No entanto o grão de arroz da variedade *Indica* têm uma ampla variedade de características. O arroz produzido no nordeste das regiões montanhosas da Índia são um bom exemplo desta variedade, uma vez que apesar dos grãos pertencerem a variedade *Indica*, depois de cozinhados tem aparência e características da variedade *Japónica*). Ou seja, apresentam uma textura suave e pegajosa após cozedura, típica da variedade *Japónica* (Bhattacharya, 2011).

A variedade *Japónica* é essencialmente proveniente de nordeste e este da Ásia. A planta é caracterizada por ser pequena com folhas verdes escura (GRiSP, 2013). Os grãos são caracterizados por serem pequenos e redondos, baixos em amilose e depois de cozinhados tem uma textura suave e pegajosa (Bhattacharya, 2011). A variedade *Japónica* provém da adaptação da variedade *Indica* às regiões temperadas.

A variedade *Javanica* também conhecida por tropical *Japónica* é normalmente encontrada nas zonas equatoriais da Indonésia (Bhattacharya, 2011). A sua planta é caracterizada por ter caules altos e largos com folhas verdes claras, o seu grão é normalmente longo, largo e denso, com baixo teor em amilose (GRiSP, 2013).

2.1.3. O Arroz na Europa

Na Europa o arroz não é um alimento base nas dietas europeias, apesar de ter uma grande importância a nível sociocultural e ecológico. A Europa é o quarto maior importador de arroz a nível mundial (Pinto, 2017). No ano de 2016/2017 a produção de arroz branco foi de 299,480 milhões de toneladas, segundo a FAO (AMIS, 2017).

Especula-se que o arroz tenha chegado à Europa, pela via da Grécia, por Alexandre, O Grande, numa das suas expedições à Ásia em 320 a.C. O arroz espalhou-se então ao longo dos anos pelas várias nações, tendo chegado a Portugal por via de Itália. Há evidências do cultivo de arroz em Portugal desde o século XIII. Contudo a sua importância e relevância aumenta na época dos descobrimentos. A produção e cultivo deste cereal foi relançada, durante esta época, sobretudo para sustentar os marinheiros em expedições marítimas, uma vez que este cereal era de fácil armazenamento (GRiSP, 2013).

O cultivo de arroz nos vários locais da Europa levou ao aparecimento de diferentes variedades adaptadas aos locais de cultivo. Como é o caso da variedade *paella valenciana* em Espanha, *riz au gras* na zona de Camarga, França, (Pinto, 2017). A propagação desta cultura pela Europa e a sua fácil adaptação deveu-se principalmente, à existência precoce de tecnologia e conhecimentos de drenagem, que permitiram a drenagem de locais inabitados para o posterior cultivo de arroz e aos abundantes recursos de água. Hoje em dia, os campos de arroz têm um importante papel na manutenção e equilíbrio ecológico e biológico destes ecossistemas (GRiSP, 2013).

O consumo anual *per capita* na Europa varia entre 3,5 a 5,5 Kg nos países nórdicos, não produtores e até 6 a 18 Kg nos países mediterrâneos. A área total de cultivo de arroz na Europa é de 470 mil hectares (total nos 27 países da União Europeia), com uma taxa de 65% de autossuficiência. O arroz têm maior importância nos países mediterrâneos, onde 48% da produção de arroz da Europa é produzido por Itália. Espanha produz 30% deste cereal, seguindo-se pela Grécia (8%), Portugal (6%) e França (4%) (Pinto, 2017). O restante é produzido por países como a Roménia, Bulgária e Hungria (GRiSP, 2013).

Na Europa a produção de arroz, bem como de outros cereais e produtos agrícolas, está ao abrigo da política agrícola comum (CAP). Com este sistema são dados incentivos financeiros aos produtores, e ao mesmo tempo são exigidas práticas amigas do ambiente, que diminuam o consumo de água e a pegada ecológica das explorações. A qualidade do arroz é regulado na União Europeia pela *Regulation on the common organisation of the market in rice* (Council regulation No. 1785/2003). Nesta regulamentação é tido em conta componentes como a forma, cor, integridade do grão e outros na qualidade do arroz. A variedade de arroz mais produzida na Europa é a variedade *Japónica*.

Nos últimos 25 anos têm havido uma diminuição dramática no número de explorações. Em Itália diminuíram para metade e em Valencia, Espanha, um quinto das explorações extinguíram-se (GRiSP, 2013).

Em Portugal a área de produção de arroz é concentrado em três regiões, Coimbra (bacia do Mondego), estuário do Tejo e na zona do Sado e Guadiana (GRiSP, 2013). Cobrindo uma área de 30 000 Hectares, com uma produção de 185 000 Toneladas e uma produtividade de 6,3 Ton/Há (Pinto, 2017).

Em Portugal, o consumo *per capita* de arroz (16 Kg/ano) ultrapassa largamente o consumo de outros países europeus, nomeadamente Itália (Pinto, 2017). A maior percentagem de arroz produzido em Portugal é da variedade Japónica. Em Portugal, devido ao clima mediterrâneo com influência atlântica, o arroz é cultivado em condições de regadio, com explorações médias ou pequenas, intensamente mecanizadas, com método de sementeira direta. Os parâmetros que mais afetam a produção de arroz em Portugal são a temperatura, a disponibilidade de água e a quantidade de radiação solar, devido a localização geográfica. Estes parâmetros podem variar consoante as condições climáticas de cada ano e conseqüentemente a qualidade do grão (GRiSP, 2013).

2.1.4. Processamento

Para ser possível produzir arroz é necessário seguir algumas etapas. Estas, dividem se na plantação, colheita e preparação do grão (IRRI, 2017), com está apresentado na figura 2.

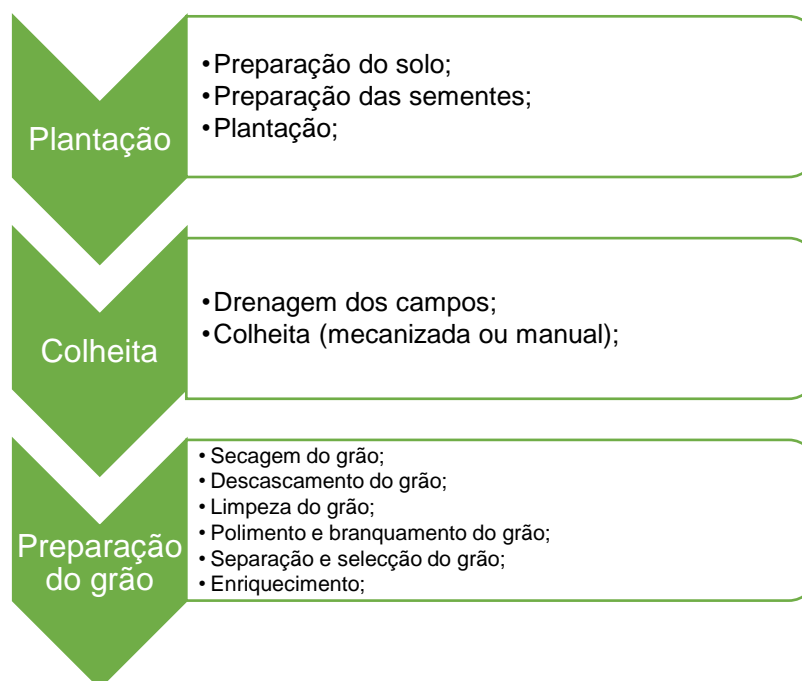


FIGURA 2 – ESQUEMA GERAL DA PRODUÇÃO DE ARROZ

Para a plantação é necessário primeiro, preparar o solo para o cultivo. A área tem de ser nivelada e irrigada. Após a preparação do solo, as sementes são tipicamente demolhadas antes da plantação. Esta plantação ou crescimento inicial tem como objetivo dar uma vantagem inicial à planta sobre potenciais infestações ou competidores. Ao ser plantada nos campos irrigados como um rebento e não como uma semente, a planta têm uma maior capacidade de se adaptar ao solo, resistir as condições climáticas e extrair os nutrientes, conseguindo um crescimento mais rápido e maior produtividade. Se esta etapa não fosse implementada, grande parte das sementes não germinaria, pois a planta poderia não se adaptar ao meio devido a competição de outras plantas (ervas daninhas) ou tendo como fim a alimentação de aves ou outros animais. Atualmente, a utilização de berçários é amplamente utilizada. Outra das vantagens deste procedimento, é o ajustamento do calendário das colheitas. Uma vez ainda em berçário a transplantação da planta pode ser feita na altura mais viável do ano (Datta, 1981).

No fim da primeira etapa, é feita a plantação, propriamente dita. A técnica da plantação em si, depende muito dos meios tecnológicos disponíveis (IRRI, 2017). Numa plantação mais artesanal, como acontece em muitos países da Ásia, as plantas são semeadas à mão em berçários e após 30 a 50 dias são transplantadas para os campos irrigados (Datta, 1981). Países como os Estados Unidos da América procedem à plantação por meio de aeronaves, que distribuem as sementes pelos campos

já irrigados. As sementes também podem ser plantadas com o auxílio de máquinas. Este processo de utilização de berçários e da transplantação da planta para os campos alagados foi considerado o verdadeiro ponto em que esta planta foi considerada domesticada (GRiSP, 2013).

Após cerca de 3 meses, a planta atinge o seu crescimento máximo e, começa a etapa da colheita. A água é drenada dos campos, e os grãos de arroz começam a amadurecer. O arroz pode ser colhido à mão ou mecanicamente com o auxílio de tratores, dependendo da tecnologia disponível (Datta, 1981).

Depois de colheita o grão tem de ser preparado. É necessário que este seja seco e que o seu conteúdo de humidade baixe para valores entre os 18% e 22%. A secagem pode ser feita por processos naturais (pelo sol) ou por aquecimento artificial (IRRI, 2017).

Assim que o grão está seco começa o seu processamento. A primeira fase é o descascamento, que pode ser feito à mão, em moinhos ou outros processos mecanizados. Em seguida o grão é limpo de impurezas ou outros resíduos de colheita. A fase seguinte é a fase de polimento. Esta fase é crucial para a determinação das características do produto final. Consoante o produto final pretendido, estas fases e as fases posteriores são adaptadas para esse fim. No caso do arroz integral, este apenas passa por um descascamento, e pode passar por um processo ligeiro de polimento, sem grande alteração do grão (IRRI, 2017). Por outro lado, se o produto pretendido for arroz branco, esta fase têm um grande impacto no grão. O grão é polido e branqueado, sendo retirado a película da casca e farelo, o arroz branco é muitas vezes caracterizado por ter duas fases de descascamento, para que na fase de polimento, apenas esteja presente o grão. Neste processamento, quanto maior for a sua intensidade, mais vitaminas e minerais o arroz perde, sendo por isso numa fase posterior ser enriquecido, fase de enriquecimento do grão (Ricepedia, 2017).

2.1.5. Qualidade do arroz

A qualidade do arroz pode ser definida a partir de diversas características como propriedades físicas, qualidade do polimento, grau de polimento, amadurecimento, qualidade da cozedura, propriedades físico-químicas, o efeito da cozedura no grão e qualidade nutricional. Mas em primeiro lugar é necessário ter em consideração a variedade do arroz. Uma vez que dependendo da variedade as características ideais serão diferentes, e a reação do grão ao processamento também será diferente (Ricepedia, 2017).

As propriedades físicas do arroz são essenciais para definir a qualidade do mesmo, uma vez que este produto é processado e usado na forma de grão. As propriedades físicas incluem a dimensão, a densidade, porosidade, entre outras. É necessário ter em conta não apenas cada propriedade isoladamente, mas a inter-relação entre todas estas propriedades como também a influência que as diferentes variedades de arroz têm nas propriedades físicas. Todas estas propriedades têm de ser tidas em conta uma vez que afetam o processamento e o produto final (Bhattacharya, 2011).

Na qualidade do polimento é fundamental ter uma especial atenção a qualquer fator que possa por em causa a integridade do grão. Uma vez que este alimento é cozinhado e utilizado na forma de grão inteiro. A principal preocupação é a existência de fissuras ou quebras no grão. Qualquer elemento que possa provocar fissuras no grão deve ser considerado um potencial perigo que põe em causa a qualidade de polimento do grão. Além disso as características da casca do grão afetam grandemente o descasque do mesmo. A fase de descasque é adaptada ao produto final pretendido. No caso do arroz integral, esta fase é pouco intensa. No caso do arroz branco, nesta fase terá de ser retirado de uma forma eficiente as camadas de farelo e casca de forma a que na fase seguinte, o polimento, seja processada de uma forma eficiente. Tem de se ter em consideração a composição da casca, a sua espessura, a sua disposição, a presença de sulcos no endosperma, a presença de grãos imaturos ou doentes, os tipos de fissuras no grão, o tamanho do grão, a sua espessura e a sua forma, o conteúdo de humidade do grão, etc. Uma vez que estes fatores influenciaram o a qualidade do produto final. Isto implica uma grande variabilidade entre os próprios grãos (mesmo da mesma variedade). A secagem anterior ao descasque, é também um dos grandes fatores que influenciam a qualidade no polimento e no descasque. A secagem mal feita pode levar a fissuras no grão devido ao calor, facilitando a quebra do grão durante a moagem. O que leva a um grão partido em vez do grão inteiro desejado, levando a grandes perdas económicas (Bhattacharya, 2011).

O grau de polimento e o grau de descasque depende sobretudo do produto final que se pretende obter. Esta diferença pode ter influências culturais e difere entre os vários mercados. Durante o descasque pode se pretendido apenas a remoção da casca, ou a remoção também do farelo. O grau de polimento têm um grande impacto no aspeto estético do grão, pois pode-se ter um grão mais esbranquiçado e polido ou um grão castanho e rústico, bem como no valor nutricional (Ricepedia, 2017). Também tem influência o armazenamento (infestação e degradação dos grãos), o empacotamento e a cozedura e utilização do produto final (Datta, 1981).

O amadurecimento do grão depois da colheita tem uma grande influência nas propriedades organoléticas. Apesar de várias teorias sugerirem diferentes explicações para esta diferença de amadurecimento, nenhuma ainda conseguiu explicar totalmente como este processo ocorre. Sendo crucial perceber como este processo de envelhecimento sucede de modo a poder preveni-lo ou molda-lo de acordo com as características esperadas pelos consumidores (Bhattacharya, 2011).

2.1.6. Processamento do Arroz e a sua influência nas propriedades nutricionais

Os processos anteriormente referidos, de preparação do grão de arroz, afetam a composição nutricional do grão. Os nutrientes não estão uniformemente distribuídos no grão, e normalmente estão concentrados na parte exterior do mesmo (Oghbael, 2016). Por este motivo, e devido à recente preocupação com a nutrição e bem-estar, produtos como o arroz integral, que outrora eram considerados produtos de baixo valor comercial, têm ganho notoriedade nos últimos anos. No processamento do arroz já se tem em conta a diminuição do valor nutricional, por esse motivo, o arroz

sofre um elevado processamento, ou seja, além do descasque e polimento tem uma fase posterior onde é enriquecido com nutrientes e minerais, de forma a compensar a perda dos mesmos na etapa do descascamento e polimento.

O valor nutricional do arroz depende do tipo de arroz (variedade do arroz) e do processamento que este teve. No processamento do arroz, o tipo de tecnologia envolvida também influencia o valor nutricional do grão. Na etapa da descasca, o arroz que foi sujeito a um processo manual têm concentrações de vitamina B mais elevados do que o arroz sujeito ao descascamento mecânico, pois neste último é possível remoção completa das camadas de casca e farelo. Em contrapartida num processamento manual, não é possível retirar por completo as camadas da casca e farelo, mantendo-se assim grande parte das vitaminas que se encontram em maior quantidade nestas camadas (Juliano, 1993).

O método de cozedura do arroz também influencia o valor nutricional do mesmo. A proporção da água adicionada e o tipo de sistema utilizado para a confeção do arroz influencia o seu valor nutricional (Houston, 1970). A cozedura influencia o amolecimento do grão, a quebra do grão, a quantidade de água absorvida pelo grão, a perda de sólidos solúveis, entre outros. O tipo de grão, o seu teor de amilose, a sua temperatura de gelatinização, o seu tamanho e a forma, condiciona os usos culinários do mesmo. Devido à grande variedade cultural de formas de preparar o arroz, é necessário mais investigação na influência da cozedura no grão e a influência do tipo de grão na cozedura (Bhattacharya, 2011).

Em algumas culturas é usual a lavagem do arroz antes do seu processamento culinário. No ocidente, em países como Portugal, aumentou o consumo nos últimos anos de produtos tradicionais de cultura japonesa, coreana, chinesa e tailandesa com base o arroz. Esta mudança de hábitos de consumo, levou também a mudança de hábitos de preparação culinária. A lavagem do arroz antes da cozedura está associada a perda significativa não só de vitaminas e minerais, mas também de proteína e fibra, dependendo do tipo de arroz utilizado (Juliano, 1993). Na tabela 1 é possível ver que apesar das perdas mais significativas serem nas vitaminas do complexo B, existe também alguma perda de minerais, neste caso cálcio e ferro, e também na proteína e fibra.

TABELA 1 - PERCENTAGEM DE NUTRIENTES PERDIDOS DURANTE A COZEDURA E PRÉ-LAVAGEM DO ARROZ (JULIANO, 1993)

Percentagem de nutrientes perdidos durante a cozedura e pré lavagem do arroz						
Nutrientes / percentagem perdida	Pré-lavagem			Cozedura sem pré-lavagem		
	Arroz polido branco	Arroz integral	Arroz parabolizado polido	Arroz polido branco	Arroz integral	Arroz parabolizado polido
Peso	1-3	0,3-0,4		2-6	1-2	3
Proteína	2-7	0-1		0-7	4-6	0
Fibra	30					
Cálcio	18-26	4-5		21		
Ferro	18-47	1-10		23		
Tamina	22-59	1-21	7-15	47-52		
Riboflavina	11-26	2-8	12-15	35-43		
Niacina	20-60	3-13	10-13	45-55		

A utilização de arroz pré-cozinhado e produtos similares de conveniência têm um impacto na alimentação humana e no valor nutricional dos alimentos ingeridos. A troca do arroz tradicional por arroz pré-cozinhado, arroz enlatado e outros produtos similares implica uma variação de nutrientes na dieta humana (Bhattacharya, 2011). Este processamento tem um impacto importante nas calorias ingeridas e facilidade e ou dificuldade que o organismo humano têm na absorção dos nutrientes quando presentes nestas condições (Bhattacharya, 2011). Sendo por isso crucial uma investigação pormenorizada no impacto deste processamento na saúde humana e na capacidade de absorção dos nutrientes.

2.1.7. Formas de consumir arroz

O arroz é normalmente consumido cozido ou vaporizado (IRRI, 2017). Na Ásia é servido acompanhado por legumes, carne, peixe, leguminosas e especiarias, dependendo da disponibilidade destes ingredientes (GRiSP, 2013).

Apesar de o arroz integral ter um maior valor nutricional, não é muito comum na dieta asiática devido a sua cozedura. O arroz integral demora mais tempo a cozer, sendo por isso necessário mais combustível (Juliano, 1993). É também associado a uma má digestão. O arroz integral, segundo os consumidores asiáticos, é difícil de ser digerido devido ao seu elevado teor em óleos essenciais. Além disso rancifica mais depressa, não podendo ser armazenado nas mesmas condições e período que o arroz branqueado (GRiSP, 2013).

Em contraste o arroz branco pré-cozido é muito comum em países como a Índia e Bangladesh. Devido à sua técnica de processamento, possibilita que as vitaminas e minerais passem para o endosperma do grão, e fiquem retidos no mesmo. Permitindo assim, a sua disponibilidade após o descascamento e moagem. Contudo grande parte da proteína e fibra é perdida (Juliano, 1993).

O arroz pode ser consumido de outras formas, dependendo do local, cultura e meios disponíveis. Em Laos e na Tailândia, o arroz mais glutinoso é preparado em forma de doce ou snack. Em algumas áreas este arroz é tostado e consumido como cereal de pequeno-almoço. É também possível produzir bebidas alcoólicas partir do arroz, tais como o saqué no Japão (Ricepedia, 2017). Na Europa e América do Norte, o arroz têm aberto novos mercados como produto de especialidade devido à popularidade de novas cozinhas, como a cozinha japonesa e tailandesa. Desta forma, o arroz é vendido com um maior valor associado, como ingrediente de especialidade para confeccionar pratos *gourmet* (GRiSP, 2013).

Nos EUA devido ao aumento do mercado para produtos sem lactose, são produzidas bebidas à base de arroz como um substituto do leite, para lacto-intolerantes. Na Tanzânia o arroz é utilizado para o processamento culinário de pão. Na África ocidental o arroz é consumido na forma de pão, bolo e papas e é um dos alimentos mais comuns e importantes em celebrações como funerais e casamentos (GRiSP, 2013).

Segundo a FAO o arroz é vendido em várias formas desde pré-cozinhado, enlatado, seco, em forma de cereal de pequeno-almoço, em forma de farinha, extrusado, em forma de pão, pudins, bolos, bolachas, *noodles*, e em alimentos fermentados como vinagre e xaropes (GRiSP, 2013).

2.2. Amido

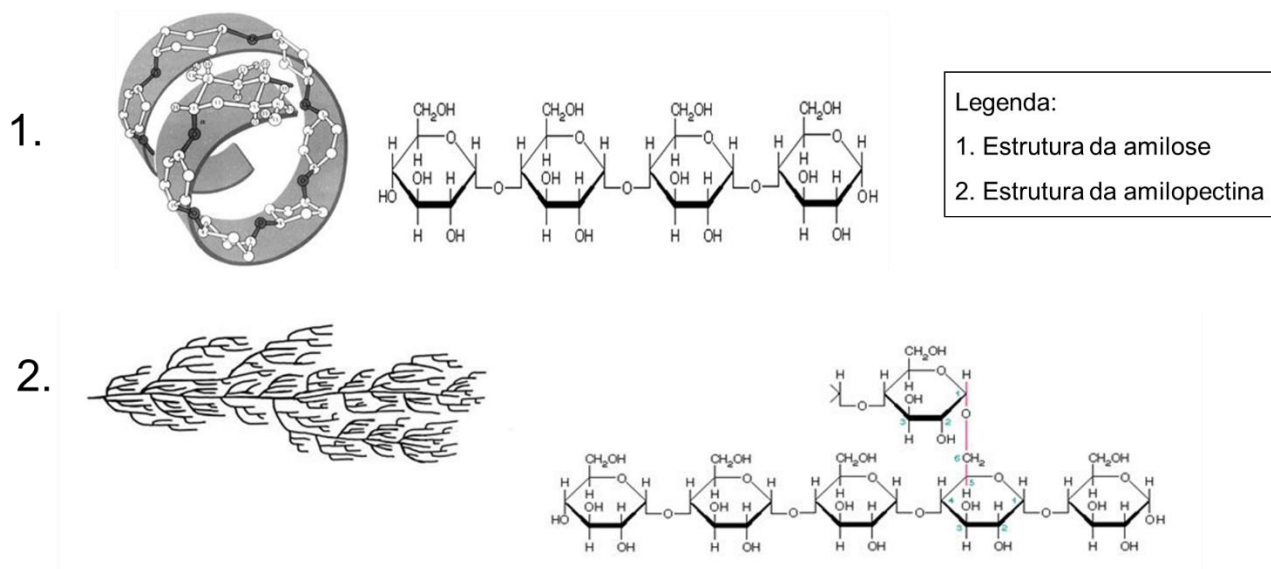
2.2.1. Propriedades do amido

O amido é o principal componente do arroz, sendo a substância vegetal mais abundante a seguir a celulose. O amido é utilizado pelas plantas como fonte de energia. Na maioria das plantas, este composto é sintetizado nas folhas, sementes, frutos, raízes e caules (Barsby *et al.*, 2001).

O amido é um polímero natural de D-glucoses ligadas entre si por pontes de hidrogénio (Chung, 2011). Os monómeros de glucose estão ligados entre si por ligações glicosídicas. Estes monómeros podem formar dois polissacáridos de estrutura semi-cristalina diferentes, a amilose e a amilopectina (Barsby *et al.*, 2001). A amilose é caracterizada por ser uma cadeia linear de D-glucose com uma ligação glicosídica entre α -1-4 glucose. Contudo o tamanho e a estrutura dependerão sempre da variedade da espécie de planta (Tester *et al.*, 2004).

A amilopectina é uma molécula ramificada onde as ligações glicosídicas são entre α -1-4 glucose e entre α -1-6 glucose (Chung H.J. *et al.*, 2011). Na figura 3 está retratado um esquema das diferenças estruturais entre a amilose e a amilopectina.

FIGURA 3 - ESTRUTURA DA AMILOSE E AMILOPECTINA (FONTE: [HTTP://SLIDEPLAYER.COM.BR/SLIDE/1704237/](http://slideplayer.com.br/slide/1704237/))



O amido pode ser classificado em três tipos de amido, tipo A, tipo B e tipo C segundo a sua difração por raio X. Esta diferenciação irá depender principalmente no comprimento da cadeia, na densidade em que os grânulos estão compactados e na presença de água. Amido tipo A é caracterizado pelo comprimento de amilopectina entre 23 a 29 unidades de glicose e pela sua estrutura de dupla hélice externa como resultado das ligações de hidrogénio entre os grupos hidróxido e a cadeia. A cadeia linear de amilose forma ligações com a cadeia linear externa da amilopectina e como resultado a estrutura fica mais compacta, que é muito comum em cereais. A estrutura tipo B é caracterizada pela cadeia de amilopectina com comprimentos de 30 a 40 unidades de glicose com moléculas de água intercaladas, sendo comum em batatas cruas e bananas. A estrutura C é caracterizada por cadeias de amilopectina com comprimentos de 26 a 29 unidades de glicose, pode ser considerado como uma mistura da estrutura A e B, sendo uma estrutura típica em feijões e outras leguminosas (Singh *et al.*, 2002).

O amido pode também ser classificado com base na sua resposta as ações enzimáticas em *rapidly digestible starch* (RDS), *slowly digestible starch* (SDS) e amido resistente ou resistant starch (RS). A soma de RDS e SDS correspondem ao amido digerível ou *Digestible starch* (DS) (Chung *et al.*, 2011).

A grande diferença entre DS e RS é a sua absorção no intestino delgado. O DS é a porção de amido que sofre degradação enzimática no pâncreas. Devido a esta reação enzimática, o organismo consegue metabolizar e absorver esta porção de amido no intestino delgado (Niba L., 2002). Contrariamente, o RS corresponde às porções de amido que não foram absorvidas no intestino delgado. Estas porções de amido podem ou ser completamente resistentes às ações enzimáticas das enzimas digestivas, ou não ser completamente degradadas por estas enzimas. Consequentemente,

não resultam numa forma em que o organismo consegue absorver (Woo *et al.*, 2003). Como está demonstrado na equação 1, o TS é a soma das duas porções mencionadas, o DS e o RS.

O RDS é maioritariamente amorfo e amido disperso, pode ser medido quimicamente como o amido que é convertido em glucose por enzimas digestivas após 20 minutos. O SDS consiste numa estrutura de amido amorfa fisicamente inacessível e estruturas cristalizadas de amido do tipo A e C. Pode ser quantificado quimicamente como o amido convertido em glucose pelas enzimas digestivas após 100 minutos. O somatório destas duas frações, o RDS e o SDS constituem o DS, como está demonstrado na equação 2.

O RS é a pequena porção de amido que não consegue ser hidrolisada após 120 minutos. Contudo, assim que chega ao intestino grosso, pode ser fermentado pela flora intestinal. O RS, como está demonstrado na equação 3, medido como a diferença entre o TS e a soma das frações RDS e SDS (Sajilata *et al.*, 2006).

$$(Equação 1.) \quad TS = RS + DS$$

$$(Equação 2.) \quad DS = RDS + SDS$$

$$(Equação 3.) \quad RS = TS - (RDS + SDS)$$

Tendo em conta as características nutricionais, o amido pode ser dividido em amido digerível e amido resistente. Tal como referido anteriormente o amido digerível é a porção de amido que é hidrolisada pelas enzimas do corpo humano (Chung *et al.*, 2011). Esta hidrólise pode ser lenta ou rápida, dividindo assim em amido rapidamente digerível (RSD) e amido digerível lentamente (SDS). O amido resistente pode ainda ser dividido em quatro frações sendo elas RS1, RS2, RS3 e RS4 (ou I, II, III, e IV respetivamente) (Niba, 2002).

RS1 é o amido que está numa forma fisicamente inacessível. Pode ser medido quimicamente como a diferença entre a glucose libertada pelas enzimas numa amostra de comida homogeneizada e a de uma amostra de alimento não homogeneizada. Por outras palavras é o amido aprisionado e inacessível. RS1 é termicamente estável na maioria das formas de cozedura (Niba, 2002).

A fração RS2 é caracterizada por amido firmemente compactado num padrão radial e é relativamente desidratado, devido à sua estrutura compacta as enzimas digestivas têm pouca acessibilidade limitando assim a sua atividade. Pode ser medido quimicamente como a diferença entre a glucose libertada pelas enzimas digestivas numa amostra de alimento cozido e homogeneizado e de uma amostra de alimento cru e não homogeneizado. Por outras palavras, RS2 é a forma nativa dos grãos não gelatinizados de amido (Niba, 2002).

A fração de RS3 representa o amido retrogrado. É a forma mais resistente devido a sua formação por retrogradação. Esta fração após ter sido completamente hidratada a amilose é lixiviada para a solução, depois do arrefecimento a cadeia de polímeros começa a reassociar-se em dupla hélice por pontes de hidrogénio.

A fração de RS4 é o amido com novas ligações químicas outras que não $\alpha - (1-4)$ ou $\alpha-(1-6)$ (Sajilata *et al.*, 2006). Por outras palavras, é considerado o amido quimicamente modificado (Niba, 2002).

2.2.2. Digestão do amido

O objetivo do sistema digestivo é transformar os alimentos em compostos mais simples de modo a que o organismo seja capaz de os absorver e utilizar. Os mecanismos utilizados na digestão irão diferenciar consoante os compostos do alimento a ser digerido. Por exemplo, o processo de digestão de proteínas, gorduras e hidratos de carbono irá ser diferente entre si, tanto nos órgãos em que ocorrem as transformações, no tempo necessário, no local em que os nutrientes irão ser absorvidos e nas enzimas segregadas, para além de outros fatores (McClements, 2009).

Tal como qualquer alimento, a digestão do amido no corpo humano começa na boca, com a enzima amilase salivar, presente na saliva. Esta primeira ação tem apenas um pequeno efeito na digestão do amido, transformando uma pequena porção deste em maltose. No estômago não ocorrem alterações significativas nesta molécula, pois as enzimas que conseguem hidrolisar o amido não são resistentes ao baixo pH do estômago. É no intestino delgado que a parte mais significativa da digestão do amido ocorre. O amido é reduzido a α -dextrina pela amilase pancreática, e a α -dextrina é reduzida a maltose-maltose pela gluco-amilase (Levin, 1994), como está representado na figura 4.

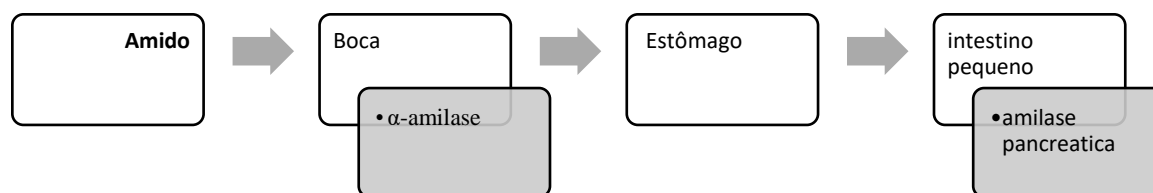


FIGURA 4 - ESQUEMA DA DIGESTÃO DO AMIDO

Como foi referido anteriormente, existem frações de amido que não são hidrolisadas por este processo. Estas frações são resistentes às enzimas que atuam no intestino delgado. Isto não implica que são completamente resistentes a todo o efeito das enzimas. Uma vez que parte destas frações pode ser degradada. Apenas significa que a degradação destas enzimas não é suficiente para que o produto resultante esteja numa forma em que o organismo o consiga a absorver (Niba, 2002).

Os produtos que não são hidrolisados pelo processo de digestão são fermentados pela microflora intestinal. A microflora intestinal é constituída por 300 a 500 diferentes espécies de bactérias (Guarner, 2003) que têm como principais funções a fermentação de produtos não digeríveis pelo trato intestinal, tais como o amido resistente. A fermentação destes compostos leva a produção de ácidos gordos de cadeia curta, tais como acetato, ácido propanoico e ácido butanoico, e a produção de

vitamina K. Estes compostos têm um papel importante em promover condições propícias ao ser humano para conseguir absorver iões tais como iões de cálcio, magnésio e ferro (Niba, 2002). Os ácidos gordos de cadeia curta têm um impacto importante no hospedeiro. O ácido butanoico está associado a diminuição do cancro do colon rectal. O acetato e ácido propanoico estão associados a diminuição da resposta glicémica do corpo (Guarner, 2003).

Esta interação benéfica entre microrganismos e hospedeiro na saúde humana leva à discussão da importância de alimentos ricos em pró-bióticos e pré-bióticos na dieta humana. Sendo os pró-bióticos referentes aos microrganismos que promovem um balanço benéfico da microflora intestinal (Holzapfel, *et al.*, 1998). Os os pré-bióticos uma fonte de nutrientes consumidos na dieta que estimula o crescimento e proliferação de microrganismos tais como *bifidobacteria* e *lactobacillos* que são benéficas na saúde humana (Holzapfel *et al.*, 2002).

2.3. Índice Glicémico (IG)

O efeito glicémico dos alimentos é a medição da velocidade com que o açúcar do sangue sobe e a rapidez da resposta do corpo humano. O índice glicémico (IG) é um parâmetro para classificar hidratos de carbono com base na taxa da resposta glicémica (i.e. a sua conversão em glucose no corpo humano). O IG usa uma escala de 10 a 100, com os valores mais altos associados a alimentos que causam uma rápida subida do açúcar no sangue. A glucose pura serve como um ponto de referência. O IG representa o aumento do açúcar no sangue de uma pessoa após 2 horas do consumo de um certo alimento (Goñi *et al.*, 1997). A carga glicémica (CG) de um alimento é um valor que estima quanto irá aumentar o açúcar no sangue de uma pessoa após o consumo de um determinado alimento. O valor de CG é obtido pela multiplicação dos hidratos de carbono que um alimento contém, pelo IG desse alimento.

O IG pode ser assim quantificado *in vivo*, através da medição do açúcar no sangue após a ingestão dos alimentos, ou utilizando outros métodos, tais como métodos *in vitro*. Os métodos *in vitro* simulam a digestão de produtos, onde no resultado final espera-se ter o teor de açúcar que seria absorvido pela corrente sanguínea. Seguem-se alguns métodos de quantificação de IG, que foram pertinentes para a realização deste trabalho.

No caso de Goñi *et al.*, (1997), foi apresentado um método *in vivo* e um método *in vitro*. No método *in vivo* foi utilizada uma amostra de indivíduos, foi ingerido pão branco como o alimento padrão, e foi medido o IG para os alimentos de origem mediterrânea. A medição das amostras de sangue foram feitas em intervalos de 30 minutos, e posteriormente o IG foi calculado. O método *in vitro* consistiu na determinação do amido resistente e do amido total. Foram utilizadas amostras de 50 mg dispersas em KOH, as amostras foram incubadas durante 30 minutos. De seguida foi adicionado amiloglucosidase e as amostras foram incubadas a 60°C durante 30 minutos. Com a utilização do kit GOD-PAP foi possível através da absorvância a 500nm determinar a concentração de glucose. Após

a determinação da concentração de glucose foi possível determinar o IG através da aplicação de um fator de conversão (Goñi *et al.*, 1997).

Frei *et al.*, (2003) utilizou o método semelhante a Goñi *et al.*, (1997) aplicando-o a amostras de arroz. Foram utilizadas amostras de 100 mg, estas foram incubadas numa primeira fase, numa solução de pepsina de forma a remover as proteínas. Numa segunda fase o amido foi hidrolisado, e as amostras foram centrifugadas. A concentração de glucose foi determinada com a utilização do kit glucose oxidase-peroxidase, e da absorvância a 450nm. Após a determinação da concentração de glucose foi possível determinar o IG através da aplicação de um fator de conversão (Frei M. *et al.*, 2003).

No caso de Guo *et al.*, (2015) foi apresentado um método *in vitro*, dividido em três fases, cada fase correspondente a uma etapa da digestão do amido no sistema digestivo. Na primeira fase as amostras foram tratadas com saliva artificial durante 10 a 15 segundos, de forma a simular a primeira etapa da digestão, que ocorre na boca. A segunda fase simulou os processos enzimáticos que ocorrem no estômago, nesta fase as amostras sofreram uma hidrólise enzimática devido a ação da pepsina, e posteriormente sofreram uma incubação. Na terceira fase, simulou-se as condições do intestino delgado, com a ação da enzima pancreática. Foi possível assim obter as concentrações de glucose que seriam libertadas para a corrente sanguínea e a partir destes valores obter os valores de IG (Guo *et al.*, 2015).

No caso de Hung *et al.*, foi determinado as quantidades de amido resistente e amido digerível aplicando a enzima α -amilase e amiloglucosidade após o tratamento da amostra. A hidrolisação das amostras permitiu quantificar a concentração de glucose a diferentes tempos, e posteriormente quantificar a fração de amido total, amido resistente e amido digerível. A partir destas frações é possível quantificar o IG do alimento (Hung *et al.*, 2016).

2.4 Amido resistente e alimentos funcionais

O amido é o componente dietético mais consumido e mais comum em todo o mundo. Com efeito, de acordo com as diretrizes da pirâmide alimentar publicada pela primeira vez pela USDA em 1992, na base da pirâmide está a recomendação do consumo de 9 a 11 porções de alimentos ricos em hidratos de carbono (USDA, 2017). Sendo o consumo de alimentos ricos em amido, tais como o arroz, essenciais para uma dieta saudável, e sendo indicados como a maior porção aconselhada para a dieta alimentar humana. A forma como consumimos estes alimentos ricos em amido pode ter um profundo impacto na saúde de cada indivíduo.

Contudo é necessário ter em conta a natureza dos hidratos de carbono, uma vez que, dependendo da fonte dos mesmos a resposta glicémica do organismo será diferente. Os hidratos de carbono são um grupo complexo de compostos orgânicos, presentes nos alimentos. Estes podem apresentar diferentes níveis de complexidade tais como açúcares simples (glucose) ou apresentar estruturas polissacarídeas complexas como o amido. A reação do organismo à ingestão de hidratos

de carbono depende do composto, da disponibilidade de enzimas como a α -amílase para a digestão, no tempo que o estômago demora a esvaziar os alimentos (doenças como a gastro paresia ocorrem quando este tempo é demasiado longo), o perfil das hormonas gastrointestinais presentes, fermentação no colon, entre outros (Kim *et al.*, 2002). Por este motivo, é crucial saber quais os hidratos de carbonos mais benéficos para o organismo.

Segundo a EFSA, alimentos funcionais, são alimentos naturais ou enriquecidos que além de fornecerem nutrição básica, contribuem para a saúde ou manutenção da saúde. A fibra alimentar está entre os alimentos considerados pela EFSA como alimentos funcionais, bem como o amido resistente (Pravst, 2012).

Como foi referido anteriormente o amido pode ser classificado em vários tipos, de acordo com vários fatores. Focando apenas nas características nutricionais o amido pode ser dividido em RS ou DS. O RS é a soma de amido e produtos de amido degradados que não são absorvidos no intestino delgado, uma vez que são resistentes às enzimas digestivas (Niba, 2002). Esta porção não é assim metabolizada e absorvida da mesma forma que o DS. Como o RS não é convertido em glucose no corpo humano, menos é absorvida, consequentemente menos desta passa para a corrente sanguínea, diminuindo os picos glicémicos. Tendo assim um potencial impacto em doenças metabólicas como diabetes (Hu *et al.*, 2004).

O RS entra no colon e é fermentado pela microflora intestinal. A facilidade na fermentação é fortemente influenciado pela proporção entre amilose e amilopectina. O RS tem assim vários efeitos no corpo humano, desde a alteração da microbiota intestinal, aumento da produção de ácidos gordos de cadeia curta no intestino delgado, diminuição do colesterol no plasma entre outros (Kim *et al.*, 2002). Existe assim uma oportunidade de ver o RS como um potencial alimento funcional (Niba, 2002).

Tem ainda sido sugerido o uso de RS como um pré-biótico uma vez que está associado ao crescimento de microrganismos benéficos tais como Bifidobacterias (Sajilata *et al.*, 2006). O RS têm assim, um importante papel, devido à sua fermentação no colon por bactérias. As bactérias da flora intestinal produzem ácidos gordos de cadeia curta.

Um desses ácidos é o ácido butanoico que está associado à diminuição do risco de cancro no colon rectal. O ácido butanoico é utilizado pelas células epiteliais do intestino grosso como fonte de energia. Este produto tem demonstrado em estudo *in vitro* uma inibição da mutação destas células. Sendo por isso associado a prevenção do cancro do colon (Kim *et al.*, 2002). A presença de RS no colon também pode resultar na baixa concentração dos ácidos biliares e o aumento da excreção. Diminuindo o tempo de retenção das fezes e possíveis produtos/substratos tóxicos associados protegendo o organismo de cancro do colo rectal (Niba, 2002).

A associação da diminuição do colesterol com o consumo de alimentos ricos em RS deve-se a que, apesar de o colesterol poder ser obtido através da alimentação, 75% deste é sintetizado por vários tecidos no corpo humano, principalmente no fígado e nas paredes intestinais. Os Elevados níveis de colesterol estão associados a doenças metabólicas (Kim *et al.*, 2002).

Outras evidências mostram que o RS pode reduzir o incidente de cálculos biliares. A ingestão de alimentos ricos em amido contribuem para a formação de cálculo biliares devido à secreção de insulina que por sua vez estimula a síntese de colesterol (Sajilata *et al.*, 2006). Contudo em regiões como no sul da Índia, onde são consumidos grandes quantidades de grãos não processados a incidência de cálculos biliares é muito menor que no norte da Índia, Europa, Austrália e EUA onde as populações têm dietas ricas em alimentos com alto teor de amido processado. Sugerindo assim que a presença de RS nos alimentos diminui a incidência de cálculos biliares.

No que diz respeito ao controlo de obesidade, o RS está relacionado com a inibição de acumulação de gordura. Ao substituir 4,5% dos hidratos de carbono totais da dieta por RS, pode-se aumentar significativamente a oxidação lipídica levando à redução de gordura acumulada no longo prazo (Sajilata *et al.*, 2006).

O consumo de amido resistente também está associado aos efeitos hipoglicémicos no corpo humano. Devido à sua lenta digestão, a metabolização de alimentos ricos em RS demora cerca de 5 a 7 horas. Isto implica que a libertação de glucose na corrente sanguínea seja mais controlada. Uma digestão longa leva a redução da secreção de glicemia pós-prandial (glicemia após a ingestão de alimentos) e a uma redução da secreção de insulina, levando ao aumento de saciedade. O aumento de saciedade por sua vez pode indiretamente diminuir o *intake* calórico e posteriormente ajudar doentes que sofrem de obesidade (Kim *et al.*, 2002).

Dietas ricas em RS podem assim ter um impacto positivo na prevenção e controlo de doenças como diabetes tipo 2, obesidade, diminuição do colesterol, cálculos renais, cancro do colon rectal, e outras doenças metabólicas e crónicas. Contudo é necessário salientar que a forma de processamento e processamento culinário destes alimentos pode condicionar os efeitos do RS na saúde humana.

2.5. Efeito do processamento no IG

Como referido em capítulo 2.4 o processo de digestão e absorção do amido é um fator determinante na resposta metabólica do corpo humano ao alimento ingerido (Goñi *et al.* 1997). Dependendo do diferente teor de DS e RS, a resposta metabólica do organismo será diferente (Niba, 2002). Aplicando este conceito ao arroz e produtos derivados, é necessário quantificar o teor destes dois compostos e a sua influência no pico glicémico. Contudo, existem muitos outros fatores que podem influenciar a digestão do arroz, tais como a sua variedade, o processamento ao qual foi submetido, ingredientes adicionados na sua preparação, inibição enzimática e processamento culinário (Goñi *et al.* 1997). De modo a avaliar a influência destes fatores, é necessário um método que simule a digestão humana e quantifique o impacto no IG.

A otimização de um método para estimar o IG em arroz e produtos de arroz permite, não só uma valorização comercial do produto, como também, seleccionar os produtos mais indicados para combater e prevenir doenças metabólicas associadas á obesidade (Kim *et al.*, 2002).

Contudo este método deve ser aplicado com um cuidado especial. Uma vez que o problema não está no amplo consumo de arroz, tal como foi referido no capítulo 2.1.1, mas sim no modo de preparação deste produto e nos ingredientes adicionados.

Tendo em conta em primeiro lugar apenas o tipo de arroz, é esperado que o arroz que sujeito a um menor grau processamento (etapas de descasque, limpeza do grão e polimento menos intensivas), tenha menor IG, uma vez que a existe uma maior fração de amido resistente, e a libertação de glucose dá-se de uma forma mais gradual (Hu et *al.*, 2004). Por outras palavras, é esperado que o arroz integral tenha um menor valor de IG, quando comparado ao valor de IG do arroz branco, submetido ao mesmo processamento culinário. O arroz comercializado sob o nome risoto e tipo sushi, é caracterizado por ter uma maior fração de amido digerível. Neste tipo de arroz é esperado que os valores de IG sejam superiores ao arroz branco e conseqüentemente mais elevados do que os valores de IG para o arroz integral (Bhattacharya, 2001).

Além do tipo de arroz, o tipo de processamento culinário também irá ter um grande impacto nos valores de IG do arroz. Contudo o tipo de arroz está intrinsecamente ligado ao tipo de processamento culinário utilizado. Ou seja consoante a variedade e as características do grão de arroz, são aplicados diferentes métodos culinários de forma a obter um produto final de qualidade. Na tabela 2 estão os valores de IG de diferentes tipos de arroz, com diferentes processamentos culinários.

A cozedura do arroz é o procedimento culinário mais amplamente utilizado em todo o mundo. O grau de processamento do grão e a quantidade de amido têm uma grande influência na capacidade do grão absorver água (He Y. 2005). A capacidade de absorção de água durante a cozedura é um dos fatores com maior impacto no processo de cozedura (Mohapatra, 2005). Segundo Bhattacharya (2001), o processo de cozedura permite o aumento da porção de amido resistente, e diminui a taxa de libertação de glucose no sangue. Especula-se que este efeito possa estar associado a formação de complexos amilose-lipídios, e aumenta quanto maior a temperatura e maior a pressão, contudo é necessário uma investigação mais aprofundada neste tópico (Bhattacharya, 2001). Não obstante, é especulado que após cozedura o arroz integral e o arroz com menor grau de processamento apresentem valores de IG inferiores ao arroz branco e arroz com maior teor de amilose (Bhattacharya, 2001).

TABELA 2 - ÍNDICE GLICÉMICO PARA DIFERENTES TIPOS DE ARROZ, COM DIFERENTES TIPOS DE PROCESSAMENTO CULINÁRIO (FONTES: *(GOÑI ET AL., 1997),(FREI ET AL., 2003)** , (ATKINSON, 2008)***

	Alimento	Marca	Processamento culinário	IG	
Arroz branco	Arroz branco	--	Cozido	73	***
	Arroz branco	--	Cozido	82	*
	Arroz "risoto"	--	Cozido	69	**
	Arroz branco	--	Cozido com adição de sal	72	***
	Arroz branco	--	Arroz instantâneo	87	***
	Arroz branco	--	Cozido	83	*
	Arroz branco "grão longo"	<i>Mahatma</i>	Cozido	50	***
	Arroz branco	<i>Uncle Ben's</i>	Cozido	80	***
	Arroz branco "grão longo"	<i>SunRice</i>	Cozido	59	***
	Arroz branco	<i>Uncle Ben's</i>	Pré-cozinhado	74	***
Arroz integral	Arroz branco "grão longo"	<i>SunRice</i>	Pré-cozinado	76	***
	Arroz integral	<i>Uncle Ben's</i>		48	***
	Arroz integral	--	Cozido	68	***
	Arroz integral	<i>SunRice</i>		72	***
	Arroz integral	--	Cozido a vapor	50	***
	Arroz integral	--	Pré-cozinhado	59	***
	Arroz basmati	--		57	***
Outros tipos de arroz	Arroz branco basmati	<i>Muhatma</i>		58	***
	Arroz basmati	<i>Uncle Bem's</i>	Pré cozinhado	57	***
	Arroz tipo sushi	<i>SunRice</i>		85	***

Atualmente, a comercialização de arroz pré-cozinhado e pronto a comer têm aumentado. O arroz pré-cozinhado é um dos alimentos prontos a comer com maior impacto no mundo ocidental, nomeadamente a China (Shifeng, 2009). O arroz pré-cozinhado está associado a valores maiores de IG, contudo muitos destes produtos não apresentam apenas arroz, mas sim outros ingredientes adicionados, tais como vegetais, que podem influenciar o IG destes produtos. É por isso necessária uma investigação aprofundada sobre a influência dos ingredientes mais amplamente utilizados nestas preparações (Bhattacharya, 2001). Na tabela 2, é possível verificar que os produtos pré-cozinhados tem valores superiores de IG quando comparados a produtos similares de arroz cozinhado.

A adição de sal na cozedura é um procedimento com um grande impacto na textura do arroz, e na perceção organolética do mesmo. Apesar de ser um procedimento amplamente utilizado na

confeção deste produto, o seu impacto no IG ainda foi pouco explorado. Autores como Atkinson (2008) especulam um pequeno aumento do IG associado a adição de sal no processamento culinário (Atkinson, 2008). Contudo outros autores não consideram a influência do sal no IG (Frei et al., 2003).

3. Materiais e métodos

3.1. Materiais

Os produtos de arroz selecionados para este estudo tiveram como requisito serem produtos facilmente adquiridos pelo consumidor comum no ocidente. O objetivo do trabalho não foi aplicar o método a todas as variedades de arroz existentes, mas sim aquelas mais facilmente adquiridas por consumidores ocidentais.

A experiência foi dividida em três etapas. Numa primeira etapa foram utilizadas amostras de arroz cozido em água corrente, numa segunda etapa amostras de arroz cozidas em água com adição de sal e numa terceira fase foram utilizadas amostras de arroz pré-cozinhado.

Na fase 1 e 2 foram utilizados três tipos de arroz próprio para cozinhar: arroz branco, arroz integral e arroz tipo sushi. A descrição das amostras encontra-se na tabela 2 a respetiva ilustração das embalagens encontra-se no Anexo 7.1.

TABELA 3 – DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DAS AMOSTRAS DE ARROZ UTILIZADAS PARA A COZEDURA EM ÁGUA E COZEDURA EM ÁGUA COM ADIÇÃO DE SAL

	Descrição do produto	Marca	Ingredientes
<i>Arroz branco</i>	Long grain rice	Tesco	Arroz branco grão longo (Japónica)
<i>Arroz integral</i>	Brown rice	Tesco	Arroz integral (Japónica)
<i>Arroz tipo sushi</i>	Pudding rice	Tesco	Arroz branco (Japónica)

Na terceira fase, onde se avaliam produtos pré-cozinhados, as amostras foram divididas em dois grupos:

1. Arroz simples (e.g. arroz branco), arroz basmati e arroz integral basmati.
2. Amostras de arroz com uma mistura de ingredientes (e.g arroz com mistura de vegetais), arroz com Quinoa e arroz com algas.

A descrição detalhada das amostras encontra-se na tabela 4, e a ilustração das embalagens no Anexo 7.1.2. Todas as amostras foram obtidas em lojas e superfícies comerciais na Irlanda, exceto o arroz com algas, tendo sido fornecido pela instituição de ensino, como um produto em desenvolvimento.

TABELA 4 – DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO DAS AMSOTRAS DE ARROZ PRÉ-CONFECCIONADO UTILIZADO

Produto	Designação original do produto	Marca	Ingredientes
<i>Arroz branco</i>	Long grain rice	Tesco	Cooked long grain rice (97%), óleo de girassol
<i>Arroz basmati</i>	Basmati rice	<i>Uncle Ben's</i>	Arroz basmati (98%), óleo de girassol, sal
<i>Arroz integral basmati</i>	Brown Basmati	<i>Tilda</i>	Arroz integral basmati vaporizado (98%), óleo de farelo de arroz
<i>Arroz com mistura de vegetais</i>	Golden vegetable rice	Tesco	Arroz longo cozido, mistura de vegetais: contém pimento vermelho, cenouras, milho doce e ervilhas (13%), óleo de girassol, açafrão, extrato de leveduras, cebola, estabilizador (Guar gum)
<i>Arroz com quinoa</i>	Whole grain and quinoa	<i>Uncle Ben's</i>	Arroz integral vaporizado (85%), quinoa vermelha vaporizada, óleo de girassol, aromas naturais, sal, especiarias (contem alho em pó (0,2%)), cebola em pó. Pode conter vestígios de soja, sésamo e glúten provenientes de farinha e cevada.
<i>Arroz com algas</i>	Amostra de arroz com algas	Não disponível	Não disponível

Todos os reagentes foram fornecidos pela Sigma-Aldrich, Co. exceto o GOD-PAP kit fornecido pela *Randox* (Lista de reagentes em anexo 6.2).

3.2. Métodos

A experiência efetuada baseasse no método de determinação do IG proposto por Goñi *et al.* (1997), no artigo: *A starch hydrolysis procedure to estimate glycemimic index*. Este foi selecionado com base num trabalho anterior (Lopes, 2016) que compara vários métodos em termos de custo e tempo de execução.

O método em causa permite medir a taxa de digestão do amido e foi desenvolvido para alimentos ricos neste componente, tais como arroz. Foi apenas aplicado a metodologia referente a *In vitro Kinetic of Starch Digestion* de forma a determinar a quantidade de amido total e amido resistente e posteriormente calcular a quantidade de amido digerível segundo a fórmula da equação 2.2.1, referida anteriormente.

Não foi tida em conta a taxa da hidrolisação do amido uma vez que apenas se pretendia a quantidade final de amido (procedimento experimental em anexo 6.2.).

Foi utilizada uma trituração inicial adicional do produto após a cozedura de forma a simular a primeira etapa da ingestão do arroz, que acontece na boca. Contudo, apenas foi tido em conta a

influência mecânica e não a influência da enzima α -amilase. Os passos seguintes tiveram como objetivo mimetizar as etapas que ocorrem no estômago.

Como qualquer modelo *in vitro* do trato gastro intestinal, tem como principal risco a sua simplicidade, que nem sempre consegue simular as condições que ocorrem em todos os sistemas de cavidades e tubos do sistema digestivo (McClements, 2009).

3.2.1. Cozimento do arroz em água

A cozedura do arroz foi feita de acordo com as instruções indicadas nas embalagens, foram utilizadas 30g de produto de modo a permitir a trituração do mesmo nos recipientes disponíveis. O arroz foi cozido primeiro e só depois foram retiradas as amostras de 50 mg, uma vez que não existia equipamento disponível para triturar de forma homogênea a quantidade de amostra necessária para a aplicação do método.

FIGURA 5 - INDICAÇÃO DE PREPARAÇÃO E COZEDURA QUE SE ENCONTRA NA EMBALAGEM DO ARROZ INTEGRAL (BROWN RICE) DA MARCA TILDA (LOTE 16910)



Para o arroz branco e arroz integral foram utilizadas amostras de 30g, em 50 ml de água. O arroz foi adicionado após a fervura da água, ficando a cozer em baixa intensidade de calor, durante 15 minutos no caso do arroz branco e 25 minutos no caso do arroz integral. Para o arroz tipo sushi foram utilizados 30g de arroz, em 255 ml de água. O procedimento de cozedura foi o mesmo, porém com uma duração de 35 minutos.

3.2.2. Adição de sal

No caso do arroz cozido com adição de sal foi seguido o mesmo procedimento referido anteriormente para o cozimento do arroz em água, mas com a adição de sal após a fervura da água. Foi utilizada uma quantidade de sal referente ao que é indicado nas instruções de confeção de arroz presente nas embalagens de arroz, para a quantidade de arroz cozido, 2g de sal.

3.2.3. Cozimento em micro-ondas

O arroz pré-cozinhado foi cozido em micro-ondas, segundo as indicações da embalagem. Nas embalagens da marca *Tesco*, referentes ao arroz com mistura de vegetais (*Golden vegetable rice*) e arroz branco (*Long grain rice*), foi apertada a embalagem de forma a soltar e separar os vários grãos de arroz, em seguida foi aberta ligeiramente no canto superior e colocada no prato de micro-ondas, na posição horizontal a 800W durante 1 minuto e 30 segundos. Por último, retirou-se do micro-ondas e deixou-se arrefecer por 30 segundos e finalmente foi aberta completamente e colocou-se o seu conteúdo num *gobelé*.

No caso da cozedura do arroz da marca *Tilda*, arroz integral basmati (*Brown Basmati*) procedeu-se conforme as indicações da figura 5. A embalagem foi ligeiramente apertada de forma a soltar os grãos de arroz e seguidamente aberta ligeiramente no canto superior com uma abertura de cerca de 2 cm. De seguida foi colocada no micro-ondas na potência de 800W durante 2 Minutos. Ao fim desse tempo, foi retirada, aberta totalmente e o seu conteúdo foi vertido para um *gobelé*.

A cozedura do arroz da marca *Uncle Ben's*, sendo este o arroz com quinoa (*Wholegrain and Quinoa*) e arroz basmati (*Basmati rice*), e a amostra fornecida de arroz com algas procedeu-se de forma idêntica ao arroz da marca *Tilda*.

3.2.4. Avaliação do Índice glicémico

Neste método simula-se a digestão de arroz e produtos de arroz, onde no resultado final espera-se ter o teor de açúcar que seria absorvidos pela corrente sanguínea. A determinação da concentração de glucose nas soluções é feita através da absorvância a 500nm no espectrofotómetro como está descrito em anexo (Anexo 2). com a utilização do kit GOD-PAP. Após a determinação da concentração de glucose é multiplicado pelo fator de conversão para o amido que neste caso é 0,9 (Goñi *et al.*,1997).

Foi inicialmente feita uma curva de calibração utilizando diferentes concentrações de glucose a sua absorvância a 500 nm, e posteriormente foi comparada a absorvância a 500 nm das várias amostras com a curva de calibração.

Na medição de absorvância 500 nm foi utilizado o espectrofotómetro *Biochrom Libra S22 UV/Vis Spectrophotometer* da marca *Biochrom*, série 81000.

3.2.5. Tratamento estatístico

Para poder determinar a significância entre as diferentes amostras foi utilizado o método *one way ANOVA* de forma a verificar a existência de conjuntos de valores significamente diferentes. Foi

feita uma *post-hoc Analysis* com um intervalo de confiança a 95%, de forma a determinar os valores estatisticamente diferentes. Foi ainda utilizado o método de *Fisher LSD* a 95% de confiança de forma a determinar a menor significância entre dois valores. Os resultados dos testes utilizados encontram-se no Anexo 3.4.

4. Resultados e discussão

4.1. Curva de Calibração

Foram preparadas várias soluções com diferentes concentrações de glucose utilizando uma solução base de 20% de glucose. Apartir dos valores de absorvância a 500nm a 17°C das várias soluções foi possível obter uma recta de calibração, representada na figura 7. De forma a ter um coeficiente de determinação aceitável, optou-se que a recta passa-se pelo ponto 0,0 uma vez que não fazia sentido existirem valores de absorvância negativos. Resultando assim um coeficiente de determinação de 0,9975, um valor muito próximo de 1.

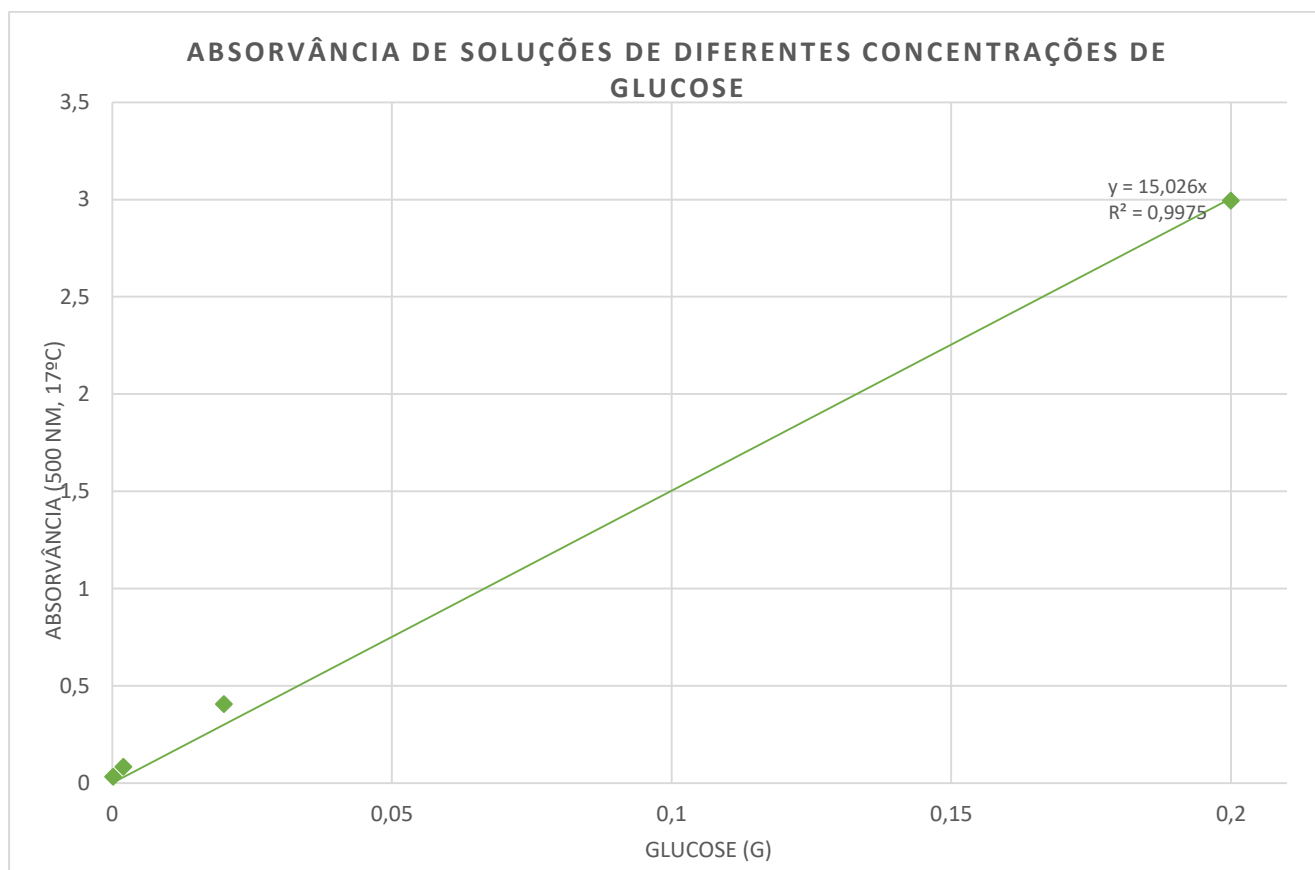


FIGURA 6 - GRÁFICO DE CURVA DE CALIBRAÇÃO, OBTIDO COM ABSORVÂNCIA A 500NM, A 17°C A PARTIR DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE GLUCOSE.

Observando mais promenorizadamente, a figura 7, é possível verificar que o número de pontos utilizados para obter a recta de calibração é reduzido e que estes estão muito distantes entre si. Devido ao distanciamento entre os pontos utilizados para traçar a recta é possível deduzir que esta terá um erro associado elevando. De modo a obter valores mais próximos dos reais, a estimativa deverá ser feita com um maior número de dados, e com uma dispersão homogênea desses dados..

Devido a falta de reagentes e incoerência dos resultados obtidos não foi obter um maior número de valores para aplicar a recta. Por esse motivo, utilizou-se a curva de calibração obtida na figura 7, para quantificar posteriormente a quantidade de glucose nas diversas amostras obtidas, ou seja qualquer erro associado a esta recta irá afectar todos os resultados futuros.

4.2. Impacto da cozedura em água

Para avaliar o efeito da digestão do arroz cozido em água no IG seleccionaram-se as amostras de variedade Japónica comerciais representadas ao longo do presente trabalho (arroz branco, arroz integral e arroz tipo sushi)

Os resultados foram analisados e retirados *outliners* como é o caso da amostra de amido total do arroz tipo sushi cozido em água, descrito mais pormenorizadamente no Anexo 3.1., uma vez que os valores apresentados eram claramente um erro de leitura.

Na figura 8 encontram-se resumidos os resultados obtidos relativamente ao amido total e amido resistente das amostras analisadas.

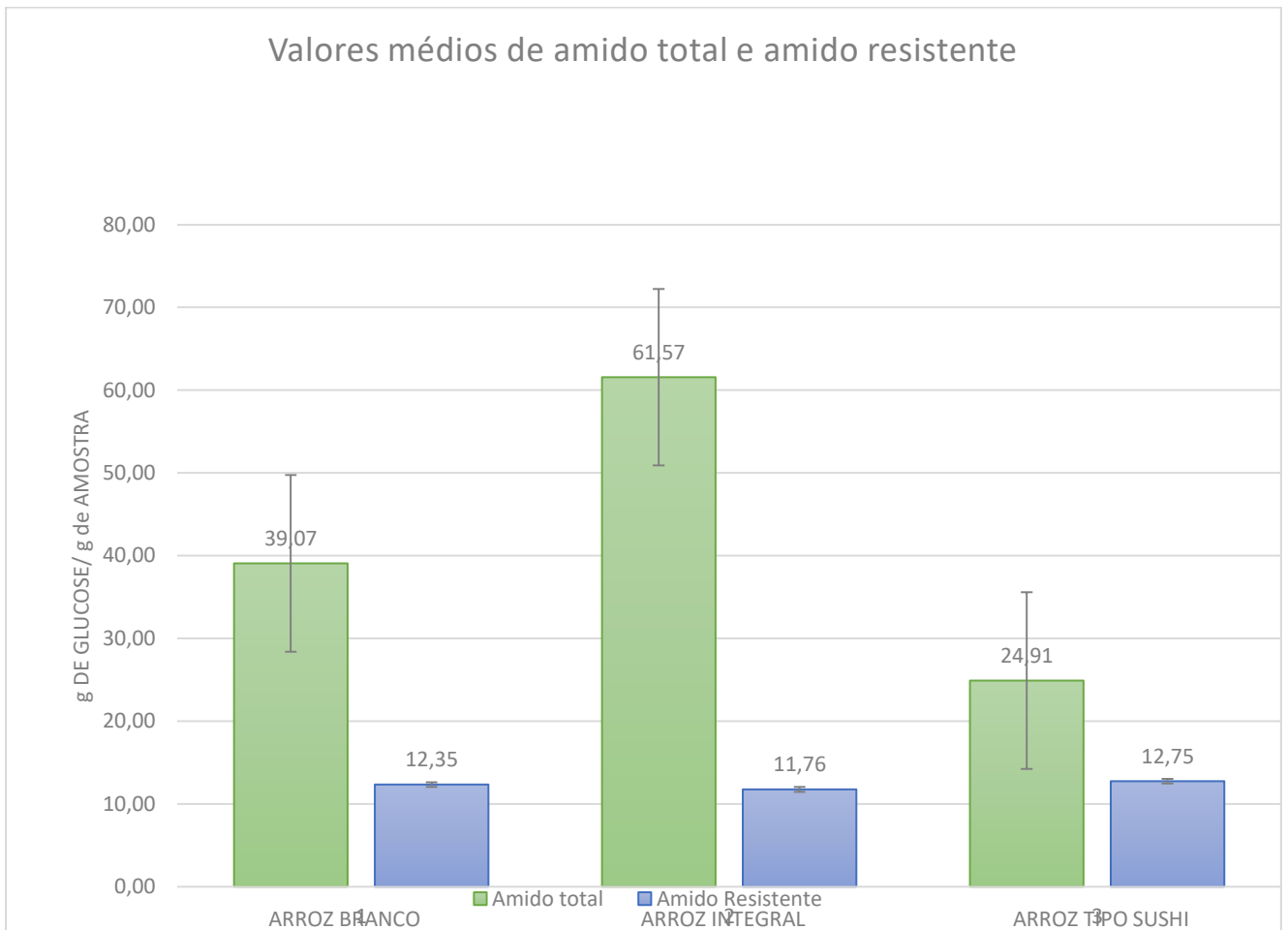


FIGURA 6 -GRÁFICO DE BARRAS COM OS VALORES MÉDIOS DE AMIDOS TOTAL E AMIDO RESISTENTE DAS AMOSTRAS COZIDAS EM ÁGUA DE ARROZ BRANCO, ARROZ INTEGRAL E ARROZ TIPO SUSHI E DESVIOS PADRÃO

TABELA 5 - TEOR DE AMIDO DIGERÍVEL DE ARROZ BRANCO, ARROZ INTEGRAL E ARROZ TIPO SUSHI, DETERMINADO A PARTIR DAS AMOSTRAS COZIDAS EM ÁGUA ATRAVÉS DOS CÁLCULOS OBTIDO EM ANEXO (ANEXO 3.1.)

	Amido digerível (DS=TS-RS)	IG
Arroz branco	26,72	29,69
Arroz integral	49,81	55,34
Arroz tipo sushi	12,16	13,51

Na tabela 5 apresenta-se os resultados referentes ao amido digerível, onde se se pode verificar que o arroz integral (55,34%) apresenta um valor mais baixo quando comparado com o arroz tipo sushi (13,51%). O valor do amido digerível obteve-se a partir da equação 2.2.1. Como os valores de

amido resistente são bastante semelhantes nas várias amostras, é possível inferir que o valor do amido digerível varia proporcionalmente ao valor do amido total.

Em relação ao IG, obtiveram-se valores mais elevados para o arroz integral, e mais baixos para o arroz tipo sushi. O que contradiz onde se espera que o arroz integral tenha maior teor de amido resistente, e conseqüentemente menor índice glicêmico.

O arroz tipo sushi, têm um processamento mais intenso, uma vez que o descasque de todas as camadas é quase completo, e a etapa de branqueamento é mais intensa de forma a ter um grão branco, uniforme e translúcido. Este processamento implica a redução do teor de amido resistente, sendo de esperar assim valores mais baixos, e um valor de IG mais elevado. Comparando os valores obtidos por Atkinson, (2008), arroz branco cozido apresenta um IG de 72, e arroz integral vaporizado apresenta um IG de 50. Apesar de o IG de arroz integral obtido (55) ser aproximado do valor publicado, o valor obtido para arroz (valor de 29,69) encontra-se muito abaixo do especulado. Tendo em conta os resultados obtidos e a sua discrepância, nenhum dos valores de IG podem ser comparado aos valores tabelados.

Os resultados obtidos de 29.7%, 55.34% e 13.51 % para o arroz branco, integral e tipo sushi, respetivamente, variam significativamente dos valores obtidos noutros artigos, onde se utiliza o mesmo método. No artigo Goñi *et al.* (1997), os teores de amido total, resistente e digerível são respetivamente de 82,22%, 2,53% e 79,69%, não sendo especificado o tipo utilizado. Já no artigo por Frei. M *et al.* (2003) onde se utiliza uma diferente metodologia, os resultados obtidos são semelhantes aos do trabalho anterior, os teores de amido total variam entre 72 e 82%, os valores de amido resistente variam entre 1,3 a 0,1% e os valores de amido digerível variam entre 71,8% a 80,9%. Tal resultado sugere a existência de um erro durante a realização da experiência utilizando o método Goñi *et al.* (1997).

Analisando pormenorizadamente a figura 8, é possível observar grandes valores no desvio padrão dos valores de amido total. Esta grande variabilidade entre os valores das várias amostras de amido total poderá ser explicada pelas diferenças naturais do grão. Existe, como é referido no enquadramento teórico, uma predisposição natural para uma grande variedade entre cada grão, ou seja, o processamento do arroz não é um processo 100% homogêneo, dando origem a grãos com mais ou menos película, com diferentes tamanhos e podendo ter quebras ou fissuras. Contudo é vendido como um produto homogêneo. Esta diferença entre os grãos pode levar a uma variância na facilidade de absorção de água, levando a diferenças nos resultados, inclusive nos casos onde se utiliza o mesmo produto. Contudo, como foi aplicado uma trituração inicial não seria de esperar esta variedade, podendo indicar que a homogeneização não foi completa. Para diminuir este erro deveria se adaptar o método para a utilização de amostras maiores e aplicar um método de trituração mais homogêneo.

Observando os resultados do amido resistente é de se notar uma homogeneidade nos valores ao longo dos diferentes tipos de arroz. O arroz branco apresenta teores de 13,72%, o arroz integral de 13,07% e o arroz tipo sushi têm 14,17% ao contrário do que acontece no amido total. Não seria de

esperar esta diferença, pois segundo o que foi referido no capítulo 2.2, o arroz integral deveria ter teores superiores de amido resistente, uma vez que este tipo de arroz contém mais película e não leva um processo de branqueamento, no lado oposto, o arroz tipo sushi deveria ter um teor menor de amido resistente e um teor mais elevado de amido digerível, uma vez que o processamento do mesmo leva a deterioração do amido, sendo mais facilmente hidrolisado.

Uma possível explicação poderá ser a absorção de água. Num grão cru, teores de amido digerível seriam mais elevados em arroz tipos sushi e mais baixo em arroz integral. Contudo o arroz tipo sushi tende a absorver muito mais água, do que o arroz integral. Uma vez que o arroz tipo sushi absorve mais água no ato de cozedura. Tal como é referido nos métodos, para 30g de arroz integral foram adicionados 50 ml de água, porém para o arroz tipo sushi foram adicionados 255 ml de água, cerca de 5,1 vezes mais água. Isto implica que o teor de amido, irá estar mais diluído no caso do arroz tipo sushi, explicando o baixo valor de amido digerível. Contudo, não explica a pouca variabilidade entre os valores de amido resistente. Também não explica o caso do arroz branco, que apesar de absorver uma quantidade de água semelhante ao arroz integral, obteve valores de amido digerível mais baixos, o que não seria de esperar. Tendo isto em conta, seria de esperar que o arroz branco tivesse valores de amido digerível superiores ao arroz integral, uma vez que o arroz branco, a semelhança do arroz tipo sushi, passa por um processo de descasque e branqueamento, o que proporciona uma fácil hidrolisação do amido, e um menor teor de amido resistente no grão.

Outra possível explicação para a discrepância de valores apresentados, poderá ser na etapa de hidrolisação, uma vez que foram obtidos valores médios de 13,07% para o arroz integral, 13,72% para o arroz branco e 14,71% para o arroz tipo sushi. Estes valores além de muito semelhantes, são também muito elevados se comparados com trabalhos semelhantes, onde foram obtidos valores de amido resistente significativamente mais baixos, valores de 2,53% no trabalho de Goñi *et al.*, (1997) e valore entre 0,1 e 1,3% por Frei M. *et al*, (2003).

4.3. Impacto da adição de sal na cozedura

Para avaliar o efeito da adição de sal no cozimento em água no IG selecionaram-se amostras de variedade japónica comerciais representadas por “arroz branco”, “arroz integral” e “arroz tipo sushi”.

Na figura 9 encontram-se resumidos os resultados obtidos relativamente ao amido total e amido resistente das amostras analisadas. O gráfico da figura 9 foi obtido a partir dos cálculos apresentados pormenorizadamente no anexo 3.2.

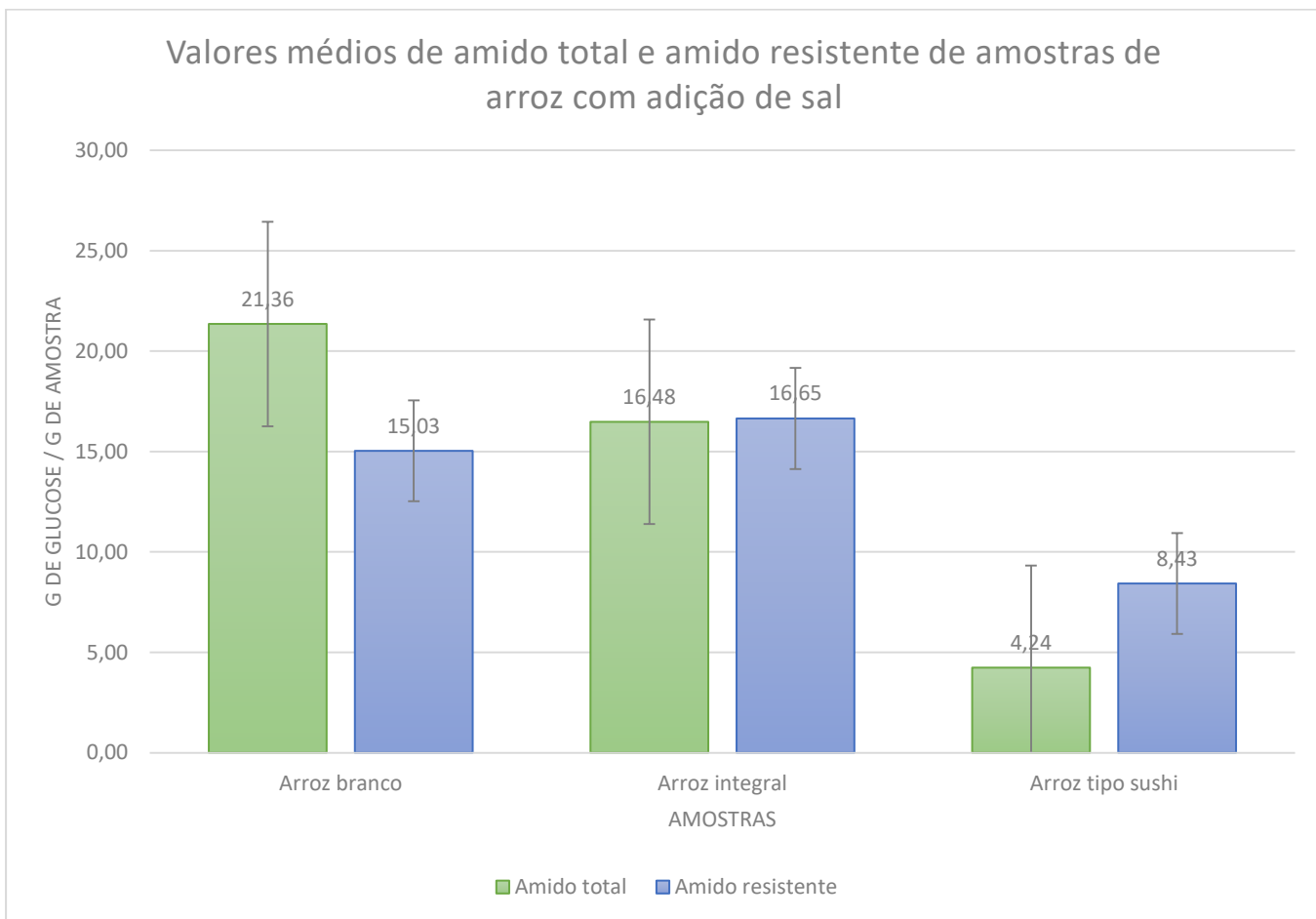


FIGURA 7 - GRÁFICO DE BARRAS COM OS VALORES MÉDIOS DE AMIDOS TOTAL E AMIDO RESISTENTE DAS AMOSTRAS COZIDAS EM ÁGUA COM ADIÇÃO DE SAL DE ARROZ BRANCO, ARROZ INTEGRAL E ARROZ TIPO SUSHI E DESVIOS PADRÃO

TABELA 6 - TEOR DE AMIDO DIGERÍVEL DE ARROZ BRANCO, ARROZ INTEGRAL E ARROZ TIPO SUSHI COZIDO EM ÁGUA COM ADIÇÃO DE SAL OBTIDOS ATRAVÉS DA ANÁLISE DOS CÁLCULOS EM ANEXO (ANEXO 3.2.)

	Amido digerível (DS=TS-RS)	IG
<i>Arroz Branco</i>	6,32	7,02
<i>Arroz integral</i>	-0,17	-0,19
<i>Arroz tipo sushi</i>	-4,19	-4,66

Na tabela 6 apresentam-se os resultados referentes ao amido digerível, nas amostras de arroz branco, arroz integral e arroz tipo sushi cozido em água com adição de sal e valores de IG. Não foram encontrados dados publicados relevantes para a comparação com arroz cozido em água e com adição de sal. Contudo não é esperado que o IG seja negativo, como ocorre no caso do arroz integral (-0.19), e arroz tipo sushi (-4,66). O próprio valor de IG do arroz branco (7,02) confeccionado nestas condições

é muito baixo quando comparado ao valor tabelado para arroz branco IG de 72 (Atkinson,2008), levando suscitado dúvidas relativamente método utilizado.

Ao comparar os valores obtidos é possível observar uma grande variação tanto nos valores de amido total como de amido resistente. Os valores do amido total e amido resistente estão muito mais próximos entre si contrariamente ao arroz cozido com água, de tal como que o teor de amido resistente chega a ser maior que o amido total, no arroz tipo sushi e arroz integral, implicando valores negativos para o amido digerível, o que em termos teóricos não é possível, pois significaria que estes dois tipos de arroz apenas seriam constituídos por amido resistente. Tais resultados, indicam que a adição de sal está a interferir no método utilizado, levando a uma maior hidrolisação do amido total. Uma vez que o arroz cozido em água com adição de sal apresenta valores muito mais baixos de amido total do que as amostras de arroz cozido em água, sem adição de sal.

O arroz branco apresenta um teor de 43,4% de amido total quando apenas cozido em água, passando para um teor de 16,68% de amido total quando adicionado sal na sua cozedura. Semelhantemente, o arroz integral apresenta um teor de 68,41% de amido total quando cozido apenas em água, passando para 18,51% quando adicionado sal na sua cozedura. No caso do arroz tipo sushi o caso sucedesse passando de 27,68% de teor de amido total quando cozido apenas em água para um teor de 9,31% quando adicionado sal na sua cozedura. No entanto, apesar dos diferentes valores, em ambos os casos o arroz integral apresentam teores mais elevados de amido total, seguindo-se do arroz branco, e em último, com teor de amido total mais baixo o arroz tipo sushi. O que não acontece com o teor de amido resistente. No caso do amido resistente, o arroz cozido em água apresenta valores maior para o arroz tipo sushi (14,17%), depois para o arroz branco (13,72%) e por último o arroz integral (13,07%). No caso do arroz cozido em água com adição de sal, o arroz branco apresenta maiores teores de amido resistente (23,723%⁹, seguindo-se o arroz integral (18,31%) e por último o arroz tipo sushi (4,71%). Obteve-se assim valores mais elevados de amido resistente para o arroz branco (23,23%), mais baixos para o arroz tipo sushi (4,71%). A semelhança do caso anterior, seria de esperar que o arroz integral tivesse maior teor de amido resistente e menor teor de amido digerível, e o arroz tipo sushi tivesse maior teor de amido digerível e menor de amido resistente

Uma vez que as amostras de arroz cozido em água diferem grandemente com resultados tabelados e não se terem encontrados resultados publicados relevantes de arroz com adição de sal ou outra substância não é possível a sua comparação.

Contudo, é possível inferir que o método terá de ser adaptado para que não exista interferência na determinação do amido digerível e a adição de sal no método de processamento culinário.

4.4. Arroz pré-confecionado

De modo a determinar a influência no IG do arroz pré- sem ou com adição de outros ingredientes, como misturas de vegetais, selecionaram-se várias amostras de entre três marcas diferentes, *Tesco*, *Tilda* e *Uncle Ben's*. Foram selecionadas 3 amostras de arroz simples e 3 amostras

de arroz com mistura, nomeadamente arroz com mistura de vegetais da marca *Tesco* “*Tesco Golden Veg. Rice*”, Arroz branco da marca *Tesco* “*Tesco long grain rice*”, arroz integral basmati da marca *Tilda* “*Tilda brown basmati rice*”, arroz com quinoa da marca *Uncle Ben’s* “*Uncle Ben’s Quinoa rice*”, arroz basmati marca *Uncle Ben’s* “*Uncle Ben’s Basmati rice*” e uma amostra de arroz com algas, marca não identificada.

Na figura 10 encontram-se resumidos os resultados obtidos relativamente ao amido total e amido resistente das amostras analisadas, que foram obtidos através dos cálculos em anexo (Anexo 3.3.)

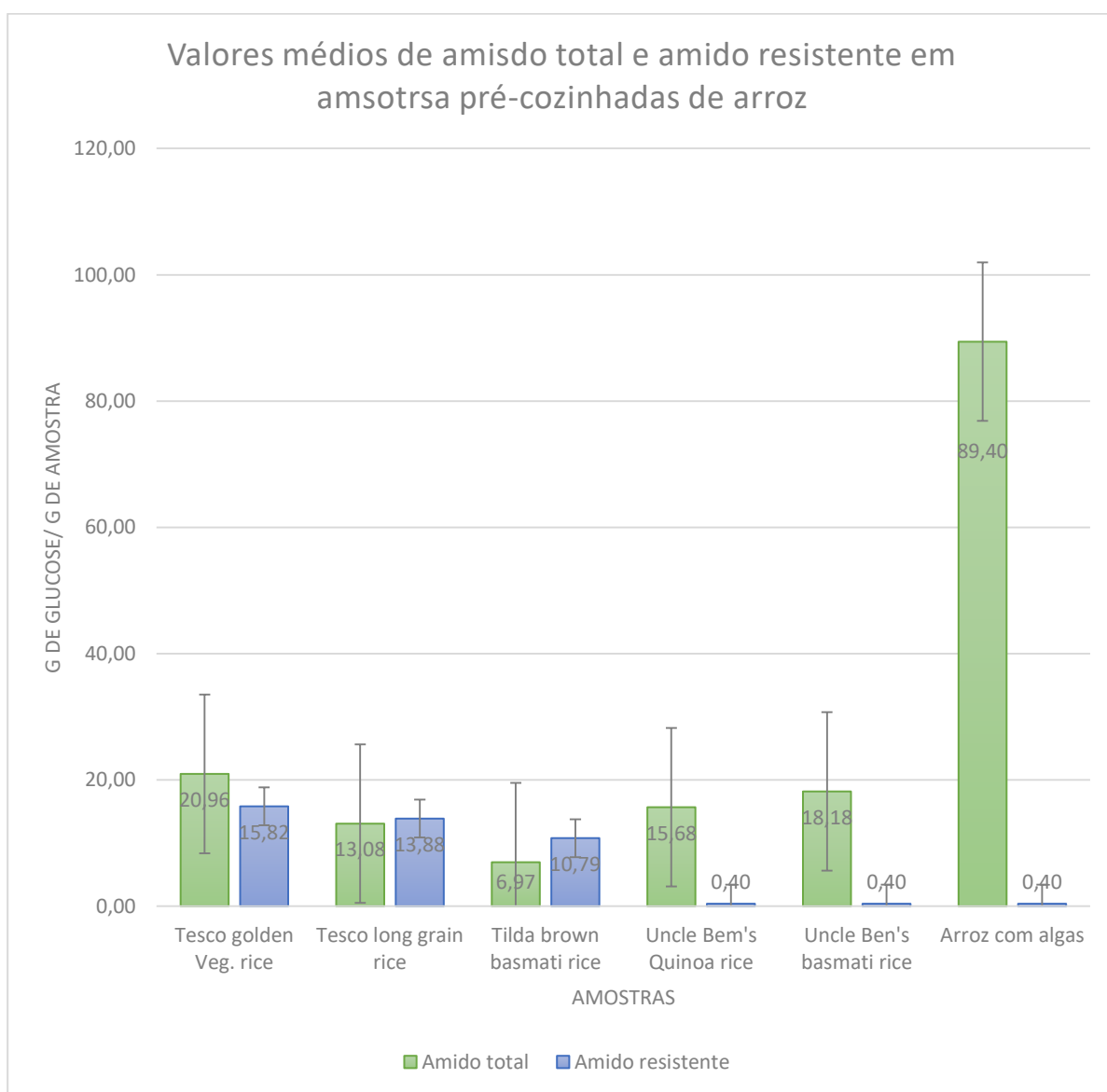


FIGURA 8 - GRÁFICO DE BARRAS COM OS VALORES MÉDIOS DE AMIDOS TOTAL E AMIDO RESISTENTE DAS AMOSTRAS PRÉ-COZINHADAS DE ARROZ BRANCO, ARROZ INTEGRAL E ARROZ TIPO SUSHI E DESVIOS PADRÃO

TABELA 7 - QUADRO RESUMO DO TEOR DE AMIDO DAS AMOSTRAS DE ARROZ DE MICRO-ONDAS, OBTIDOS ATRAVÉS DOS CÁLCULOS EM ANEXO (ANEXO 3.3.)

	Amido digerível (DS=TS-RS)	GI
<i>Tesco golden Veg. rice</i>	5,14	5,71
<i>Tesco long grain rice</i>	-0,80	-0,89
<i>Tilda brown basmati rice</i>	-3,82	-4,25
<i>Uncle Ben's Quinoa rice</i>	15,28	16,98
<i>Uncle Ben's basmati rice</i>	17,78	19,76
<i>algae rice</i>	89,00	98,89

Na tabela 7 apresentam-se os resultados referentes ao amido digerível obtidos através da equação 2.2.1.

Alguns dos resultados derivados da aplicação do método para obter o IG foram negativos, nomeadamente nas amostras de arroz branco da marca Tesco e arroz basmati integral da marca *Tilda*, indicando mais uma vez que houve um erro na determinação do mesmo. Segundo Atkinson (2008), existem valores publicados para *Quick cooking white rice*, com IG de 63 podendo ser extrapolado para o valor esperado para arroz basmati pré-confecionado da marca *Uncle Ben's*. Também se encontra tabelado, com IG de 38, o arroz branco pré-cozinhado da marca *Uncle Ben's*. Contudo os valores obtidos para a mistura de arroz com vegetais da marca Tesco, arroz com Quinoa da marca *Uncle Ben's* e arroz basmati da marca *Uncle Ben's* representam valores muito baixos quando comparados com os tabelados. Em contrapartida o arroz com algas apresenta valores muito altos quando comparados com o valor normal associado ao arroz, IG entre 64 a 93 (Miller, J.B., 1992), levando a inferir que este método não está adaptado para arroz pré-confecionados, no entanto é necessário num trabalho futuro aprofundar esta hipótese.

Interpretando o gráfico da figura 10 e tabela 5, um dos primeiros pontos a notar são os valores negativos de amido digerível de algumas das amostras que implicaria que o amido resistente é superior ao amido total, algo que não é possível em termos teóricos. Em testes anteriores os valores obtidos foram sempre negativos, não tendo sido por isso tidos em conta. Este fato leva a supor que poderá haver um erro por parte do operador, ou algum reagente poderá estar contaminado/alterado influenciando assim os resultados.

Existe uma grande variação tanto ao longo do teor do amido resistente como ao longo do teor do amido total nas diferentes amostras. Era de se esperar que as amostras com apenas arroz e alguns condimentos tais como *Tesco long rice*, *Tilda Brown basmati rice* e *Uncle Ben's basmati rice* tivessem valores mais idênticos, visto terem uma composição semelhante, como foi possível observar na descrição do produto, tabela 2.

Não é possível chegar a uma comparação razoável entre os vários resultados de amido, devido a discrepância de valores. Contudo as amostras *Tesco long rice* e *Tilda Brown basmati rice* apresenta um comportamento semelhante às amostras de arroz cozido e água com adição de sal.

À semelhança do arroz cozido em água com adição de sal, a ausência de bibliografia publicada (Atkinson, 2008) (Goñi et al., 1997) (Frei M. et al, 2003) relevante ao teor de amido nos produtos de arroz com ingredientes adicionados, não permite uma comparação com resultados publicados. Sendo assim, não é possível determinar com exatidão se o erro está na metodologia utilizada para determinar o amido total, para determinar o teor de amido resistente ou em ambas as etapas. Contudo é de especular que a adição de ingredientes, tal como acontece no caso das amostras com adição de sal, interferem com o método utilizado.

5.5 Comparação do amido digerível entre as várias amostras

Ao observar os resultados das várias amostras e tendo em conta o tratamento estatístico em Anexo 3.4. apesar dos valores de amido resistente serem distintos não existem diferenças significativas entre as amostras obtidas. Segundo os vários testes efetuados, tais como *One Way ANOVA* e *Tukey USD*, não existem diferenças e significativas. Segundo post-hoc analysis com um intervalo de confiança de 95% apenas 3 amostras são distintas entre si, sendo estas o arroz de algas, arroz com quinoa da marca *Uncle Ben's "Uncle Ben's Quinoa rice"*, arroz basmati marca *Uncle Ben's "Uncle Ben's Basmati rice"*.

5. Conclusões

Os resultados obtidos a partir dos valores observados durante a execução do método diferem significativamente dos resultados apresentados em trabalhos prévios. Na aplicação do método ao arroz cozido sem adição de sal os valores obtidos de IG foram de 29,69, 55,34 e 13,51 para o arroz branco, integral e tipo sushi, respetivamente, e de -0,19, -4,66 e 7,02 respetivamente para as mesmas amostras de arroz cozido, mas com adição de sal. Para amostras de arroz pré-confeccionado os valores obtidos foram de -0,98 e -4,25 para o arroz branco da marca Tesco e arroz basmati integral da marca *Tilda*, respetivamente, de 5,71 e 16,98 para o arroz com vegetais da marca Tesco e arroz com quinoa da marca *Uncle Ben's*, respetivamente e de 19,76 e 98,89 para o arroz basmati da marca *Uncle Ben's* e arroz com algas respetivamente.

Relativamente aos resultados obtidos e para os casos em que aos valores se encontram tabelados, estes foram na sua maioria inferiores aos valores esperados, inclusive negativos, o que não é teoricamente possível. Adicionalmente, os valores obtidos foram muito díspares entre si dificultando uma interpretação dos mesmos, não sendo assim possível inferir qualquer ligação entre eles.

Estes resultados sugerem a existência de vários erros durante a aplicação do método. Primeiramente, as amostras a serem testadas poderão não ter ficado completamente homogeneizadas, fazendo com que os valores obtidos após a análise de uma porção da amostra sejam muito díspares entre si. Adicionalmente, o diminuto número de valores utilizados na reta de calibração poderá ter influenciado negativamente os valores de amido total e resistente, consequentemente os valores de amido digerível.

De modo a colmatar as possíveis falhas, em primeiro lugar deveria se ter feito uma análise experimental do método, adaptando-o (e.g. alteração da quantidade de amostra), quando se verificou que o conjunto de resultados para o mesmo tipo de arroz eram muito díspares entre si. Mais ainda, dever-se-ia ter testado outros métodos de modo a comparar os resultados obtidos e mais facilmente identificar algum erro no procedimento.

6. Referências Bibliográficas:

2017, Ricepedia, research program n rice global rice science partnership, disponível em: <http://ricepedia.org/rice-as-a-crop/what-happens-after-harvest> acesso em 1/06/2017

AMIS, 2017, Cereals -market data base, disponível em: <http://statistics.amis-outlook.org/data/index.html>

Atkinson, F., Foster-Powell, K., and Brand-Miller C. J. (2008), International tables of glycemic index and glycemic load values, *Diabetes Care*, Vol. 31, 12: 2281-2283.

Barsby T. L., Donald A.M., Frazier P.J. (2001), *Starch: Advances in Structure and Function*, UK No 271: 1-8.

Bhattacharya R., (2011), *Rice quality - A guide to rice properties and analysis*, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition: Oxford 219: 1-25

Chung H.J., Liu Q., Lee L., Wei D. (2011), Relationship between the structure, physicochemical properties and *in vitro* digestibility of rice starches with different amylose contents, *Food Hydrocolloids* 25: 968 – 975

Datta, 1981, *Principles and Practices of Rice Production*. John wiley and sons, United States 221-288

Denardin C.C. Walter M., Silva L.P., Souto G. D., Fagundes C.A.A (2007), Effect of amylose content of rice varieties on glycemic metabolism and biological responses in rats, *Food Chemistry* 105: 1474 – 1479

FAO 2017, *Rice market monitor*, volume XX issue 2, July 2017, disponível em: http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Rice/Images/RMM/RMM-Jul17.pdf

Frei M., P. Siddhuraju, K. Becker (2003), Studies on the *in vitro* starch digestibility and the glycemic index of six different indigenous rice cultivars from the Philippines, *Food Chemistry* 83: 395 – 402

Guarner F., Malagelada J. (2003), Gut flora in health and disease. *The Lancet*, Volume 361: 512-519

Goñi I., Garcia-Alonso A., Saura-Calixto F., (1997), A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. USA: *Elsevier - Nutrition Research*. Vol 17, 3: 427-437.

GRiSP (Global Rice Science Partnership), (2013), Rice almanac, 4th edition. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute 2-7

Guarner F. and Malagelada J.R. (2003). Gut flora in health and disease. The Lancet Vol 361 9356: 512-519

Guo L. (2015) Susceptibility of glutinous rice starch to digestive enzymes, Carbohydrate Polymers 128:154–162

Hung *et al.*, 2016 Resistant starch improvement of rice starches under a combination of acid and heat-moisture treatments Food Chemistry 191:67–73

He Y. (2005) Functional analysis of starch-synthesis genes in determining rice eating and cooking qualities, Mol Breeding 18:277–290

Holzapfe W.H. Schillinger U., (2002), Introduction to pre- and probiotics. Food Research International 35: 109–116

Holzapfela W. H., *et al.* (1998). Overview of gut flora and probiotics. International Journal of Food Microbiology 41:85–101

Houston d.f., Kohler G.O., 1970, Nutritional properties of rice, National academy of sciences, washington DC. 46-49

IRRI, 2017, Rice Knowledge bank – Postproduction, creative commons, disponível em <http://www.knowledgebank.irri.org/step-by-step-production/postharvest>

Juliano O. (1993), Rice in human nutrition, fao food and nutrition series 26, Rome 85-100

Levin, R.J., (1994), Digestion and absorption of carbohydrates--From molecules and membranes to humans. The American Journal of Clinical Nutrition, 59: 690S-698S

Lopes T. 2016, Development of a method to determine the Glycaemic Index (GI) of two types of rice (pudding vs basmati), Relatório de Estágio Profissionalizante licenciatura em biotecnologia, Instituto politécnico de Coimbra, escola superior agraria de Coimbra em parceria com University College Cork 1-22

McClements D. J., (2009), Designing Functional Foods, Cambridge, Woodhead Publishing Ltd, 314-339

Meloan E.C., Pomeranz Y., (1994), Food analysis theory and practice, Chapman and Hall, third edition, 649 -65

Miller J. B., Pang E., and Bramal L. (1992) Rice: a high or low glycemic index food?, The American Society for Clinical Nutrition, Dezembro, 56: 1034-1036

Muthayya *et al.*, 2014, An overview of global rice production, supply, trade, and consumption, Annals of the new York academy of sciences, 2324: 7-14

Niba L, (2002), Resistant starch: a potential functional food ingredient, Nutrition & Food Science, 32: 62 – 67

Oghbael *et al.*, 2016, Effect of primary processing of cereals and legumes on its nutritional quality: A comprehensive review, Cogent Food & Agriculture, 2

Peisong H. *et al.* 2004, Starch digestibility and the estimated glycemic score of different types of rice differing in amylose contents, Journal of Cereal Science 40: 231 – 237

Pinto, António (2015), Agronegócios, O Portal de Informação Agroalimentar de Portugal, disponível em <http://www.agronegocios.eu/noticias/o-arroz/>

Pravst I, 2012, Functional Foods in Europe: A Focus on Health Claims, Scientific, Health and Social Aspects of the Food Industry, Dr. Benjamin Valdez (Ed.), InTech, disponível em: <http://www.intechopen.com/books/scientific-health-and-social-aspects-of-the-food-industry/functional-foods-ineurope-a-focus-on-health-claims> acesso em 26/05/2017

Regulamento (CE) N.º 1924/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20 de Dezembro de 2006, relativo às alegações nutricionais e de saúde sobre os alimentos L404 de 30.12.2006 :17

Sajilata M.G. *et al.*, (2006), Resistant Starch – A review, 2006 Institute of Food Technologists Vol. 5, comprehensive reviews in food science and food safety

Shifeng Y. (2009) Impact of amylose content on starch retrogradation and texture of cooked milled rice during storage. Journal of Cereal Science 50:139–144

Tester F. *et al.*, (2004), Starch—composition, fine structure and architecture, Journal of Cereal Science 39: 151–165

USDA, (2017), Food Guide Pyramid, disponível em: <https://www.cnpp.usda.gov/FGP> acesso em 20/05/2017

Yoshida S., (1981), Fundamentals of rice crop science, the international rice research institute, Los Banos, Laguna, Philippines, 1- 13

Woo K. et al, (2003), Effect of resistant starch from corn or rice on glucose control, colonic events, and blood lipid concentrations in streptozotocin-induced diabetic rats, *Journal of Nutritional Biochemistry* 14: 166 – 172

Zhu *et al*, (2011), Digestibility and physicochemical properties of rice (*Oryza sativa* L.) flours and starches differing in amylose content, *Carbohydrate Polymers* 86: 1751– 1759

7. Anexos

Anexo 1 – Fotografias das embalagens das amostras utilizadas

Anexo 1.1. Fotografias das embalagens das amostras de Arroz utilizado para cozinhar em água

Anexo 1.2. Fotografias das embalagens das amostras de Arroz pré-confecionado

Anexo 2. Plano de trabalho e Análise Preliminar de Riscos (Project HAZOP)

Anexo 3. Tratamento estatístico

Anexo 3.1. Tratamento estatísticos das amostras de arroz cozidas em água

Anexo 3.2. Tratamento estatístico das amostras de arroz cozidas em água com adição de sal

Anexo 3.3. Tratamento estatístico das amostras de arroz pré-confecionadas

Anexo 3.4. Comparação do amido digerível entre as várias amostras

Anexo 1 – Fotografias das embalagens das amostras utilizadas

Anexo 1.1. Fotografias das embalagens das amostras de Arroz utilizado para cozinhar em água



FIGURA 9 - EMBALAGEM DE ARROZ BRANCO MARCA TESCO DESIGNADO POR LONG GRAIN RICE (L29/11/18 04:10 4)



FIGURA 10 – EMBALAGEM DE ARROZ INTEGRAL MARCA TESCO, DESIGNADO POR BROWN RICE (L 07/12/2018 14:30 1)



FIGURA 11 - ARROZ TIPO SUSHI MARCA *TESCO*, DESIGNADO POR *PUDDING RICE*

Anexo 1.2. Fotografias das embalagens das amostras de Arroz pré-confecionado



FIGURA 12 - ARROZ DE VEGETAIS PARA MICRO-ONDAS MARCA *TESCO*, DESIGNADO POR *GOLDEN VEGETABLE RICE*



FIGURA 13 - ARROZ BRANCO PARA MICRO-ONDAS MARCA *TESCO*, DESIGNADO POR *LONG GRAIN RICE*



FIGURA 14 - ARROZ BASMATI INTEGRAL PARA MICRO-ONDAS MARCA *TILDA*, DESIGNADO POR *BROWN BASMATI*



FIGURA 15 - ARROZ COM QUINOA PARA MICRO-ONDAS MARCA *UNCLE BEN'S*, DESIGNADO POR *WHOLEGRAIN AND QUINOA*



FIGURA 16 - ARROZ BASMATI PARA MICRO-ONDAS MARCA *UNCLE BEN'S*, DESIGNANDI POR *BASMATI RICE*

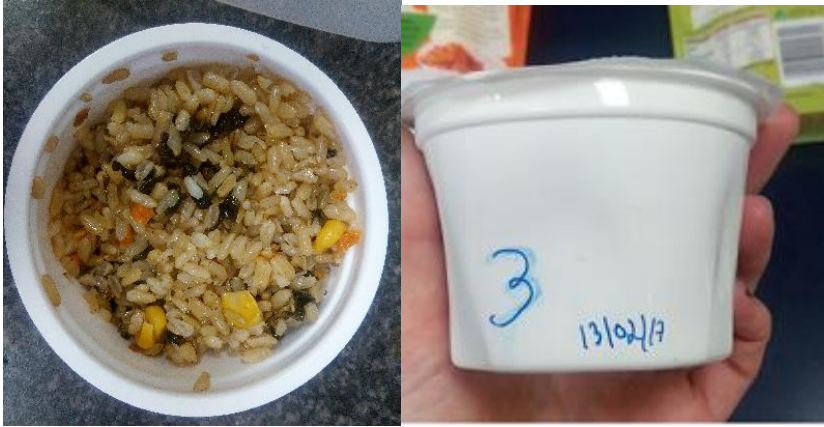


FIGURA 17 - ARROZ COM ALGAS, AMOSTRA FORNECIDA, TEOR DESCONHECIDO.

Project HAZOP

1/8

Student ID:	116102249
Name:	Margarida Sofia de Oliveira Pantaleao
Academic supervisor:	Professor Jorge Oliveira
Project title:	Selection and application of starch hydrolysis method to assess the influence of processing technologies in the glycaemic index on rice

Operability

List of the main equipment to be used:

Item			
Scale (0,001g)			
Spectrometer			
blender			
Dissolution baths			
Hot plate			

List auxiliary lab materials that you will also require:

Spatula / Scoop, marker, petri dishes, pipets, pipet bulb, micro-pipets, beakers, volumetric flasks 25/ 1000 mL, spectrophotometer tubes, safety goggles, protective disposable and insulating gloves, tongs, thermometer.

List all products, chemicals or substances that you will be use:

Substance		Hazardous
2M KOH		Yes
HCl-KCl buffer pH=1.5		Yes
HCl 2M		Yes
NaOH 0,5M		Yes
Sodium acetate buffer pH=4.75		Yes
α -amylase		Yes
Pepsin		Yes
Tap water (for cooking process)		No
Tris-Maleate buffer pH=6.9.		No
Destilated water		No
Glucose standard		No
Peridochrom Glucose GOD-PAP		No
amyloglucosidase		No

Describe the planned sequence of work (as in “experimental methods):

Sample preparation:

1. Identify capped tubes 2 series

Method	Samples	codec
Total starch	White rice	TW1
	Brown rice	TB1
	Sushi rice	TS1
Digestible starch	White rice	DW1
	Brown rice	DB1
	Sushi rice	DS1

2. Boil 5 mL of tap water in capped tubes
3. Place 50 mg of dry matter samples
4. Leave until edible (15 minutes, or according with the package instruction)
5. Homonogized using the vortex
 - a. $\Delta t = 1$ minute
 - b. 220 rpm

Total Starch (TS)

1. Add 6mL of 2M KOH to each of the series T tubes:
2. Shake energetically
 - a. Room temperature
 - b. $\Delta T = 30$ minutes
3. Add 3 mL of 0,4M sodium Acetate Buffer, pH 4,75;
4. Add 60 μ L of amyloglucosidase
5. Leave in water bath with constant shaking
 - a. 60°C
 - b. $\Delta T = 45$ minutes

Resistant Starch (RS) and Digestible Starch (DS)

1. Add 10mL Of KCl-HCl buffer, pH 1,5 to each of the series D tubes
 - a. Adjust pH with HCl 2M or NaOH 0,5M;
2. Vortex
3. Add 0,2 mL of pepsin solution
 - a. 1g of pepsin for each 10mL of KCl-HCl buffer;
4. Vortex
5. Leave in water bath with constant shaking
 - a. 40°C
 - b. $\Delta t = 60$ minutes
6. Take samples out and let them cool to room temperature
7. Complete the volume to 25mL with 0,1M Tris-Maleate buffer;
8. Add 5 mL of α -amylase solution

9. Leave in water bath with constant shaking
 - a. 37°C
 - b. $\Delta t = 3$ hours (Take 1 mL aliquots at 20, 30, 60, 90, 120 and 180 minutes)
 - i. Place aliquots in tubes at 100°C
 - ii. Vortex
 1. $\Delta t = 5$ minutes
 - iii. Refrigerate until incubation is completed
10. Immediately turn of the water bath
11. To each aliquot add 3 mL of 0,4M Sodium acetate buffer pH 4,75;
12. Add 60 μ L of amyloglucosidase
13. Leave in water bath with constant shaking
 - a. 60°C
 - b. $\Delta t = 45$ minutes
14. Adjust volume to 10-100 mL with distilled water

Determination of glucose content

1. Prepare a standard curve from a glucose water solution
 - a. 10 to 60 ppm = 10 to 60 mg/L
2. Add 30 μ L to test tubes of:
 - a. Water
 - b. Standard solution
 - c. Aliquots taken at different times
3. Add 3 mL of the reagent from the glucose determination kit (GOD-PAP)
4. Mix
5. Leave in water bath with constant shaking
 - a. 37°C
 - b. $\Delta T = 10$ minutes
 - Or
 - c. Room temperature
 - d. $\Delta T = 25$ minutes
6. Read the absorbance in the spectrophotometer at 500 nm
 - a. Start reading after 5 minutes of incubation
 - b. Finish until 45 minutes after the incubation

Hazards identification:

(Legend: LO- likely of occurrence; IO – Level of seriousness of the impact of its occurrence)

Water baths

Hazard	LO	IO	Prevention	Monitoring	Action
Burn hazard due to splashing	occasional	low	Do not drop items in water at high temperature	To supervision	Flush the burning area with water for at least 15 minutes
Burn hazard due to hot surfaces	Improbable	low	Gloves or tongs to be used handling hot samples	Gloves/ tongs available when needed	Flush the burning area with water for at least 15 minutes

Laboratory ovens

4/8

Hazard	LO	IO	Prevention	Monitoring	Action
Burn hazard	occasional	low	Gloves to be worn handling hot samples	Gloves close to be ready to use	Flush the burning area with water for at least 15 minutes
fire	improbable	low	No potential flammable materials to be placed in or near the ovens	Warning signs for flammable or toxic materials	Flush the burning area with water for at least 15 minutes

Centrifuge

Hazard	LO	IO	Prevention	Monitoring	Action
Injury from imbalance	improbable	low	Centrifuge will not start if imbalanced	Instrument maintained and checked	--
Injury from opening while motion	Improbable	low	Automatic lock until motor stopped	Instrument maintained and checked	--

Spectrophotometer – No hazards identified

Distek dissolution bath

Hazard	LO	IO	Prevention	Monitoring	Action
Glass breakage	low	low	Experiencing/ training	--	--
Test materials (Active ingredients)	improbable	medium	Strict control on quantity and the nature of acceptable materials to be controlled	Supervised at set up	--
Toxic/ hazards/ flammable solvents	improbable	low	Strict control on quantity and the nature of acceptable materials to be controlled	Supervised at set up	--

Substances

Substance	Hazard	Handling and storage
HCl-KCl pH 1,5	Serious eye irritation	Handling: Avoid breathing dust/ fume/ gas/ mist/ vapours/ sprays. Avoid prolonged or repeated exposure Storing: Keep container tightly close. Store in accordance with information listed on the product. Protect from moisture
HCl 2M	Severe skin burns and eye damage corrosive	Handling: use corrosion proof equipment and with adequate ventilation and do not breathe dust or vapour. Avoid contact with skin, eyes, or clothing. Wash hands thoroughly after handling Storing: Do not store in corrodible metal. Store in corrosive are [white storage] whit other corrosive item. Store in a dedicated corrosive cabinet, in a cool, dry, well-ventilated, locked store room away from incompatible materials – metal, cyanides, direct sunlight, extremely high or low temperatures and storage bases, Storage temperature 5 – 30 °C

NaOH 0,5M	Causes sever skin burns and srious eye damage Slightly corrosive	Handling: Avoid breathing dust/ fume/ gas/ mist/ vapours/ sprays. Wash thoroughly after handling. Use only outdoors or in a well ventilated area. Wear protective gloves, clothing, eye and face protection. In case of inadequate ventilation wear respiratory protection. Avoid contact with skin and eyes. Evaporate the residue under a fume hood. Storing: Store in a well ventilated place. Keep container tightly closed in a cool, well-ventilated place. Keep refrigerated. Storage temperature: do not store above 5°C
Pancreatic α-amylase	If inhaled can cause respiration irritation, allergy or asthma symptoms or breathing difficulties	Handling: Provide good ventilation in process area to prevent formation of vapour. Do not breathe vapours. Wear protective gloves, clothing, eye or face protection. Wash hands and other exposed areas with mild soap and water before eating, drinking or smoking and when leaving work. Wash contaminated clothing before reuse. Storing: Keep only in the original container in a cool, well ventilated place away from direct sunlight and sources of ignition. Keep container closed when not in use.
KOH 4M	Corrosive and Irritant (causes severe skin burns, eye damage). Depending on the length of exposure may causes: corneal damage or blindness, inflammation and blistering (skin). Inhalation of dust will produce irritation to gastro – intestinal / respiratory tract: burning, sneezing and cough	Handling: Provide good ventilation in process area to prevent formation of vapour. In case of insufficient ventilation, wear suitable respiratory equipment. Avoid contact with skin and eyes. Do not ingest or breathe dust. Never add water. Wash hands and other exposed areas with mild soap and water before eating, drinking or smoking and when leaving work. Storing: Keep container tightly closed. Keep container in a cool, well-ventilated area, away from incompatibles such as organic materials, metals, acids, moisture. Do not store above 23 °C.
Sodium acetate Buffer	Serious eye irritation/ damage	Handling: Avoid breathing dust/ fume/ gas/ mist/ vapours/ sprays. Avoid prolonger or repeated exposure. Storing: Keep container tightly closed, Store in accordance with information listed on the product insert. Protect from moisture.

Hazard	LO	IO	Prevention	Monitoring	Action
Spillage of hazardous chemicals	improbable	low	Careful handing and close tightly after usage	Ways to monitor that it is not in danger of occurring	Flush eyes/ Skin with excess water for 15 minutes, lifting lower and upper eye lids occasionally, and remove contaminated clothing

Electricity:

Hazzard	LO	IO	Prevention	Monitoring	Action
Electric shock	Improbable	low	Proper maintenance of equipment. Appropriate use of equipment in wet areas. ELCB and MCB present in all laboratories	Equipment checked before use. Wet plugs only on suitable equipment. ELCB and MCB regularly check	--
Fire	improbable	medium	Proper maintenance of all electrical equipment. Proper sized fuses fitted.	Equipment checked before use	--
Trip Hazard	Improbable	low	No trailing leads allowed in the laboratories	No trailing leads allowed in the laboratories	--

Solutions and preparations:

Samples in triplicate. 9 samples in total

Total starch:

1. 2M KOH – add 6ml to each sample

9 samples therefore 54 ml KOH 2M

Preparations of 60 ml of KOH

MKOH= 56,1056g/mol

56,1056g / mol per litre

51,1056 g – 1M

X - 2M X= 112,2112g

112,2112g g/mol – 1000ml

X - 60 ml X= 6,732672g

2. 0,4M Sodium Buffer pH 4,75

3ml for each sample, 9 samples, therefore 27 ml

Resistant starch (RS) and Digestible starch (DS)

1. KCL-HCL buffer pH 1,5

Add 10ml of buffer for each sample, 9 samples therefore 90 ml of buffer

2. Pepsin solution

For each sample, 0,2 mL (200 μ L) of Pepsin solution. 9 samples so 1,8 ml of pepsine solution

In order to prepare 2 mL of pepsin solution:

1g of pepsin in 10ml of HCL-KCL

3. 0,1 MTris-Maleate Buffer, pH 6,9

Complete the volume to 25ml. There is 9 samples, if we add 15ml for each sample with will be 135ml = 150 mL

1M – 237,21g

0,1M- 23,721g

23,721g is in 1L = 1000mL

X - 150mL X= 3,55815g of tris Maleate buffer in 150 ml of water

4. α -Amylase solution

5ml of α -Amylase solution. There are 9 samples, so it is needed 45ml of α -Amylase solution

5. Sodium acetate buffer

3ml for each sample. 9 samples so 27ml

Glucose standard curve preparation

$C = 20\% = 20 \text{ g of glucose in } 100 \text{ mL of solution} = 0,2 \text{ g/mL}$

dilution in 5ml volumetric

Table 5 – Glucose- water solutions preparation ID	Concentratio n (%)		Volume of gulucse		Total Volume (mL)
S1	10%		0,5 mL		5mL
S2	1%		0,05mL		5mL
S3	0,2%		0,01mL		5mL
S4	0,04%		0,002mL		5mL
S5	0,008%		0,0004mL		5mL
Total					

Anexo 3. Tratamento estatístico

Cálculos efetuados no programa Excel. Após a determinação da absorvância a 17°C das várias amostras, e tendo o peso inicial das amostras (50 mg) foi possível determinar a quantidade de glucose em gramas por cada grama de produto. Multiplicado pelo factor de 0,9 indicado no método A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index (Goñi et all, 1997) foi possível obter o IG. Adicionalmente foram calculados as médias e desvio padrão para poder ter uma melhor caracterização da dispersão dos triplicados.

Anexo 3.1. Tratamento estatísticos das amostras de arroz cozidas em água

TABELA 8 - CÁLCULOS EFETUADOS A PARTIR DO PESO E ABSORVÂNCIA A 17°C DAS AMOSTRAS DE ARROZ COZIDAS EM ÁGUA

Arroz cozido em água									
	Peso (g)	Diluição	Absorvância da amostra	mg/mL de glucose	Amostra original	g glucose / g produto	Amido	Médias	Desvio Padrão
Amido Total	Arroz branco	0,0661	1	0,176	0,011713031	0,011713031	17,72016754	39,074	23,525
		0,0824	1	0,189	0,012578198	0,012578198	15,26480314		
		0,0636	1	0,459	0,030547052	0,030547052	48,02995562		
		0,0421	1	0,461	0,030680154	0,030680154	72,87447601		
		0,0495	1	0,47	0,031279116	0,031279116	63,19013373		
	Arroz integral	0,0443	1	0,418	0,027818448	0,027818448	62,79559373	61,568	21,456
		0,0604	1	0,452	0,030081193	0,030081193	49,80329901		
		0,0714	1	0,48	0,031944629	0,031944629	44,74037718		
		0,0389	1	0,483	0,032144283	0,032144283	82,63311888		
		0,0326	1	0,5	0,033275656	0,033275656	102,072563		
	Arroz tipo sushi	0,1263	1	0,317	0,021096766	0,021096766	16,70369407	24,909	13,167
		0,1764	1	0,363	0,024158126	0,024158126	13,69508272		
		0,0165	1	0,426					
		0,0761	1	0,428	0,028483961	0,028483961	37,42964669		
		0,0686	1	0,442	0,029415679	0,029415679	42,87999925		
Amido resistente	Arroz branco	0,0684	15	2,442	0,162518302	0,010834553	15,83999041	12,350	5,633
		0,0589	15	2,535	0,168707574	0,011247172	19,09536769		
		0,0684	15	0,455	0,030280847	0,002018723	2,951349565		
		0,0758	15	2,456	0,16345002	0,010896668	14,37555145		
		0,0698	15	2,572	0,171169972	0,011411331	16,34861242		
	Arroz integral	0,0587	15	1,293	0,086050845	0,005736723	9,772952323	11,763	4,734
		0,0542	15	2,364	0,157327299	0,010488487	19,35145133		
		0,0684	15	1,297	0,08631705	0,00575447	8,41296788		
		0,0578	15	2,374	0,157992812	0,010532854	18,22293108		
		0,0657	15	1,42	0,094502862	0,006300191	9,589331477		
	Arroz tipo sushi	0,0631	15	2,366	0,157460402	0,01049736	16,63606994	12,752	1,669
		0,0952	15	2,679	0,178290962	0,011886064	12,48536151		
		0,0854	15	2,373	0,157926261	0,010528417	12,32835762		
		0,0856	15	2,707	0,180154399	0,012010293	14,03071644		
		0,0759	15	2,628	0,174896845	0,01165979	15,36204176		

Anexo 3.2. Tratamento estatístico das amostras de arroz cozidas em água com adição de sal

TABELA 9 - CÁLCULOS EFETUADOS A PARTIR DO PESO E ABSORVÂNCIA A 17°C DAS AMOSTRAS DE ARROZ COZIDAS EM ÁGUA COM ADIÇÃO DE SAL

Arroz cozido com sal										
		Peso (g)	Diluição	Absorvância da amostra	mg/mL de glucose	Amostra original	g glucose / g produto	Amido	médias	Desvio padrão
Amido total	Arroz branco	0,0577	1	0,555	0,036936	0,036936	64,013826	57,61244	21,356	20,825
		0,0789	1	0,107	0,007121	0,007121	9,0253362	8,122803		
		0,1148	1	0,383	0,025489	0,025489	22,203094	19,98278		
		0,0463	1	0,065	0,004326	0,004326	9,3430566	8,408751		
		0,0426	1	0,09	0,00599	0,00599	14,060136	12,65412		
	Arroz integral	0,0999	1	0,323	0,021496	0,021496	21,517591	19,36583	16,478	17,590
		0,0825	1	0,036	0,002396	0,002396	2,9040572	2,613651		
		0,0833	1	0,105	0,006988	0,006988	8,3888207	7,549939		
		0,0569	1	0,066	0,004392	0,004392	7,7194842	6,947536		
		0,0557	1	0,427	0,028417	0,028417	51,018689	45,91682		
	Arroz tipo sushi	0,066	1	0,034	0,002263	0,002263	3,4284009	3,085561	4,2380	1,4728
		0,0703	1	0,054	0,003594	0,003594	5,1120495	4,600845		
		0,0844	1	0,046	0,003061	0,003061	3,6272042	3,264484		
		0,0648	1	0,072	0,004792	0,004792	7,3945902	6,655131		
		0,0752	1	0,045	0,002995	0,002995	3,9824588	3,584213		
Amido resistente	Arroz branco	0,0945	15	2,994	0,199255	0,013284	14,056764	12,65109	15,034	5,9755
		0,1182	15	2,838	0,188873	0,012592	10,652714	9,587443		
		0,0911	15	2,999	0,199587	0,013306	14,605736	13,14516		
		0,0445	15	1,624	0,108079	0,007205	16,19166	14,57249		
		0,0463	15	2,924	0,194596	0,012973	28,019587	25,21763		
	Arroz integral	0,0847	15	2,999	0,199587	0,013306	15,709357	14,13842	16,647	3,953
		0,069	15	2,867	0,190803	0,01272	18,435035	16,59153		
		0,075	15	2,989	0,198922	0,013261	17,681944	15,91375		
		0,0498	15	2,907	0,193465	0,012898	25,898884	23,309		
		0,0683	15	2,272	0,151205	0,01008	14,758866	13,28298		
	Arroz tipo sushi	0,2032	15	2,575	0,17137	0,011425	5,6223631	5,060127	8,428	8,330
		0,059	15	2,294	0,152669	0,010178	17,250701	15,52563		
		0,893	15	2,671	0,177759	0,011851	1,3270515	1,194346		
		0,582	15	1,91	0,127113	0,008474	1,4560482	1,310443		
		0,0402	15	1,918	0,127645	0,008514	21,168394	19,05155		

Anexo 3.3. Tratamento estatístico das amostras de arroz pré-confeccionadas

TABELA 10 - CÁLCULOS EFETUADOS A PARTIR DO PESO E ABSORVÂNCIA A 17°C DAS AMOSTRAS DE ARROZ PRÉ-CONFECCIONADAS

Arroz micro-ondas										
		Peso (g)	Diluição	Absorvância da amostra	mg/mL de glicose	Amostra original	g glicose / g produto	IG	Média	Desvio padrão
Amido total	Tesco golden Veg. rice	0,0502	1	0,122	0,00811926	0,00811926	16,1738246	14,55644214	20,95713632	5,56190743
		0,0713	1	0,293	0,019499534	0,019499534	27,34857523	24,61371771		
		0,0652	1	0,258	0,017170238	0,017170238	26,33472125	23,70124912		
	Tesco long grain rice	0,0903	1	0,224	0,014907494	0,014907494	16,50885236	14,85796712	13,07815452	1,705720397
		0,0561	1	0,121	0,008052709	0,008052709	14,35420435	12,91878391		
		0,0758	1	0,145	0,00964994	0,00964994	12,73079169	11,45771252		
	Tilda brown basmati rice	0,0854	1	0,099	0,00658858	0,00658858	7,714964631	6,943468168	6,969638158	0,345292389
		0,0703	1	0,086	0,005723413	0,005723413	8,141412164	7,327270948		
		0,0785	1	0,087	0,005789964	0,005789964	7,375750398	6,638175358		
	Uncle Ben Quinoa rice	0,0563	1	0,165	0,010980966	0,010980966	19,50438068	17,55394262	15,68320267	1,70925943
		0,0738	1	0,175	0,011646479	0,011646479	15,78113745	14,2030237		
		0,0658	1	0,168	0,01118062	0,01118062	16,99182412	15,29264169		
	Uncle Ben basmati rice	0,064	1	0,214	0,014241981	0,014241981	22,25309464	20,02778517	18,18027099	1,602490992
		0,0625	1	0,181	0,012045787	0,012045787	19,27325968	17,34593371		
		0,0635	1	0,182	0,012112339	0,012112339	19,07454939	17,1670941		
algae rice	0,0519	1	0,999	0,06648476	0,06648476	128,1016566	115,2914909	89,39998654	25,63459543	
	0,0623	1	0,666	0,044323173	0,044323173	71,14474024	64,03026621			
	0,0589	1	0,874	0,058165846	0,058165846	98,75355835	88,87820251			
Amido resistente	Tesco golden Veg. rice	0,0449	15	2,544	0,169306535	0,011287102	25,1383126	22,62448134	15,82137199	6,474514655
		0,0879	15	2,143	0,14261946	0,009507964	10,81679633	9,735116696		
		0,0658	15	2,489	0,165646213	0,011043081	16,78279769	15,10451792		
	Tesco long grain rice	0,0473	15	1,638	0,109011048	0,007267403	15,36448873	13,82803985	13,87993136	0,67213089
		0,0763	15	2,529	0,168308266	0,011220551	14,70583361	13,23525025		
		0,0678	15	2,475	0,164714495	0,010980966	16,19611552	14,57650397		
	Tilda brown basmati rice	0,0553	15	1,658	0,110342074	0,007356138	13,30223915	11,97201523	10,79079377	1,086164882
		0,0771	15	1,899	0,12638094	0,008425396	10,92788065	9,835092584		
		0,0658	15	1,741	0,115865833	0,007724389	11,73919276	10,56527349		
	Uncle Ben Quinoa	0,0668	15	0,0668	0,004445628	0,000296375	0,443675407	0,399307866	0,399138309	0,000293682
		0,0796	15	0,0796	0,005297484	0,000353166	0,443675407	0,399307866		

		0,0785	15	0,0784	0,0052176 23	0,0003478 42	0,44311021 5	0,3987991 94		
UnclesBen basmati rice		0,064	15	0,064	0,0042592 84	0,0002839 52	0,44367540 7	0,3993078 66	0,3986790 35	0,0010891 68
		0,0625	15	0,0625	0,0041594 57	0,0002772 97	0,44367540 7	0,3993078 66		
		0,0635	15	0,0632	0,0042060 43	0,0002804 03	0,44157930 3	0,3974213 73		
algae rice		0,054	15	0,054	0,0035937 71	0,0002395 85	0,44367540 7	0,3993078 66	20,957136 32	5,5619074 3
		0,0709	15	0,0709	0,0047184 88	0,0003145 66	0,44367540 7	0,3993078 66		
		0,0658	15	0,0645	0,0042925 6	0,0002861 71	0,43490978 4	0,3914188 05		

Anexo 3.4. Comparação do amido digerível entre as várias amostras

TABELA 11 - TESTE TUKEY USD AOS RESULTADOS OBTIDOS DE AMIDO DIGERÍVEL DAS AMOSTRAS DE ARROZ COZIDAS EM ÁGUA, AMOSTRAS DE ARROZ COZIDAS EM ÁGUA COM ADIÇÃO DE SAL E AMOSTRAS DE ARROZ PRÉ-CONFECCIONADAS

Univariate Tests of Significance for resistant starch (Spreadsheet1) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition						
	SS	Degr. of	MS	F	p	
Intercept	3680,781	1	3680,781	111,7843	0	
product	1495,95	10	149,595	4,5432	0,000324	0.032% probability that the values are all the same, there is no difference between samples
Error	1218,319	37	32,928			

TABELA 12 - TESTE ONE WAY ANOVA AOS RESULTADOS OBTIDOS DE AMIDO DIGERÍVEL DAS AMOSTRAS DE ARROZ COZIDAS EM ÁGUA, AMOSTRAS DE ARROZ COZIDAS EM ÁGUA COM ADIÇÃO DE SAL E AMOSTRAS DE ARROZ PRÉ-CONFECCIONADAS

Unequal N HSD; variable resistant starch (Spreadsheet1) Homogenous Groups, alpha = .05000 Error: Between MS = 32.928, df = 37.000							
	product	resistant starch	1	2			
9	algae rice	0,44075	****			algae rice	
8	Uncle's Ben basmati rice	0,44298	****			Uncle's Ben basmati rice	
7	Uncle's Ben Quinoa rice	0,44349	****			Uncle's Ben Quinoa rice	
6	Tilda brown basmati rice	11,98977	****	****		Tilda brown basmati rice	
2	brown no salt	13,06993	****	****		brown no salt	
1	white no salt	13,72217	****	****		white no salt	
10	white with salt	14,05676	****	****		white with salt	
3	sushi no salt	14,16851	****	****		sushi no salt	
11	with salt	14,91274	****	****		with salt	
5	Tesco long grain rice	15,42215	****	****		Tesco long grain rice	
4	Tesco golden Veg. rice	17,5793		****		Tesco golden Veg. rice	

TABELA 13 - TESTE POST - HOC ANALYSIS AOS RESULTADOS OBTIDOS DE AMIDO DIGERÍVEL DAS AMOSTRAS DE ARROZ COZIDAS EM ÁGUA, AMOSTRAS DE ARROZ COZIDAS EM ÁGUA COM ADIÇÃO DE SAL E AMOSTRAS DE ARROZ PRÉ-CONFEIONADAS

LSD test; variable resistant starch (Spreadsheet1) Homogenous Groups, alpha = .05000 Error: Between MS = 32.928, df = 37.000				
	product	resistant starch	1	2
9	algae rice	0,44075		****
8	Uncle's Ben basmati rice	0,44298		****
7	Uncle's Ben Quinoa rice	0,44349		****
6	Tilda brown basmati rice	11,98977	****	
2	brown no salt	13,06993	****	
1	white no salt	13,72217	****	
10	white with salt	14,05676	****	
3	sushi no salt	14,16851	****	
11	with salt	14,91274	****	
5	Tesco long grain rice	15,42215	****	
4	Tesco golden Veg. rice	17,5793	****	