II Ciclo de Conferências

Conselho Técnico-Científico

Temas Atuais em Investigação

Edições
IPCB

Escola Superior Agrária
2014

Instituto Politécnico de Castelo Branco
Escola Superior Agrária

II Ciclo de Conferências
Conselho Técnico-Científico

Temas Atuais em Investigação

Escola Superior Agrária

Ficha Técnica

Edição
Instituto Politécnico de Castelo Branco
Av. Pedro Álvares Cabral, nº 12
6000-084 Castelo Branco. Portugal
www.ipcb.pt

Título
II Ciclo de Conferências. Conselho Técnico-Científico. Temas Atuais em Investigação

Editor
Maria do Carmo Horta
(Presidente do Conselho Técnico Científico)

Capa, projecto gráfico e paginação
Rui Tomás Monteiro

Arte Final, impressão e acabamento
Serviços Gráficos do IPCB

Tiragem: 50 exemplares

N.º Depósito Legal: 369165/14
ISBN: 978-989-8196-38-5

Índice

O atual Conselho Técnico-Científico (CTC) da Escola Superior Agrária de Castelo Branco (ESACB) tomou posse em fevereiro de 2012, tendo decidido dar continuidade ao ciclo de conferências iniciado pelo CTC anterior. Os trabalhos de Investigação, Inovação e Experimentação que foram apresentados demonstram não só o dinamismo e a ligação com a comunidade, como também a preocupação na identificação e resolução de problemas, que acrescentem valor aos produtos e processos que se situam no âmbito das competências desta Escola. Sendo este um objetivo prioritário da missão do IPCB/ESA, a divulgação destas conferências permite chegar a um público mais alargado e abrir caminhos para a concretização de novos projetos, que contribuam de forma efetiva para o desenvolvimento e aumento da competitividade da região e do país.

Castelo Branco, 25 fevereiro de 2014

Presidente do Conselho Técnico-Científico

Biomimética a ciência para a sustentabilidade

Biomimicry the science for sustainability

Luisa Ferreira Nunes
Instituto Politécnico de Castelo Branco, Escola Superior Agrária. Castelo Branco, Portugal
INBIO
lfnunes@ipcb.pt

Abstract

Biomimicry looks to nature and natural systems for inspiration. After millions of years of tinkering, Nature has worked out some effective processes. In nature, there is no such thing as waste — anything left over from one animal or plant is food for another species. Inefficiency doesn't last long in nature, and human engineers and designers often look there for solutions to modern problems.

Animals, plants, and microbes are the consummate engineers. They have found what works, what is appropriate, and most importantly, what lasts here on Earth. Instead of harvesting organisms, or domesticating them to accomplish a function for us, biomimicry differs from other "bio-approaches" by consulting organisms and ecosystems and applying the underlying design principles to our innovations. This new approach introduces an entirely new realm for entrepreneurship that can contribute not only for innovative designs and solutions to our problems but also to the importance of conserving the biodiversity that has so much yet to teach us.

This new field recognizes that the greatest source of inventions in the Universe is Earth: considering our Planet's 3.8 billion years of evolutionary

history of life, it has already solved many of the problems which we face today: energy, food production, climate control, non-toxic chemistry, transportation, packaging and much more.

On the present study, mobile links are 'keystone' organisms that move among habitats and provide essential ecosystem functions such as pollination, seed dispersal, or nutrient translocation. After disturbance, some ecosystem functions may become disrupted or may disappear altogether. Much like similar habitats joined by corridors, the mobile links connect areas that may be widely separated spatially or temporally. Species strategies and interactions must be reconfigured after disturbance based on residual organisms and any altered environmental constraints. Reassemblage of organisms might be based on an ecological memory that contributes and leads to the recovery of the affected area. This ecological memory is the complex network of species and their relations with each other and the environment. Based on the renewal cycle of Holling, we developed a biomimicry resilience model that identifies recovery strategies inspired by opportunistic species colonization, their accumulation and storage of resources and the reorganization phases to a new stability. We studied and characterized which interactions take place within and between disturbed and undisturbed areas that facilitate proliferation, regeneration and nutrient translocation. The resilience model also considered limitations such as distance from source areas, availability of dispersal agents and suitability of the disturbed environment.

This resilience model was created to help understand natural recovery processes that can be emulated after disturbances and applied to human community disaster planning.
Keywords: Biomimicry, Model, Natural disturbances.

Resumo

A biomimética olha para a natureza e os sistemas naturais como a base da inspiração. Após milhões de anos de evolução, a Natureza tem alcançado a resolução de processos eficazes. Na natureza, não existem resíduos ou desperdícios – tudo o que sobra é reutilizado por outros organismos. Ineficiência não existe em sistema naturais, e os engenheiros humanos e designers procuram nela as soluções para os problemas atuais.

Animais, plantas e microrganismos são os engenheiros consumados. Estes mostram o que funciona, o que é apropriado, e mais importante, o que

é sustentável e perdura. Em vez de domesticar ou utilizar os organismos em função do Homem, o biomimetismo difere de outros "bio- abordagens" consultando organismos e ecossistemas e aplicando os princípios de design subjacentes às nossas inovações. Esta ciência que emula organismos e sistemas naturais introduz uma abordagem completamente nova para o empreendedorismo que pode contribuir não só para projetos inovadores e soluções de problemas, mas também para a importância da conservação da biodiversidade que detém ainda muitas lições a aprender. Este novo campo reconhece que a maior fonte de invenções no Universo é a Terra : considerando 38 000 000 00 de anos da história evolutiva da vida, a natureza já resolveu muitos dos problemas que enfrentamos hoje: de produção e armazenamento de energia, produção de alimentos, controlo de temperatura transporte, embalagens e muito mais.

No presente estudo utiliza-se a biomimética sistémica para criar um modelo de resiliência inspirado na dinâmica dos organismos após a perturbação de uma ecossistema.

As ligações móveis são os organismos "factor fundamental" que se movem entre habitats e fornecem funções essenciais aos ecossistemas, como a polinização , dispersão de sementes , ou translocação de nutrientes. Depois de perturbação, algumas funções do ecossistema podem ser interrompidos ou podem desaparecer completamente. Muito semelhantes com os habitats semelhantes unidos por corredores, as ligações móveis conectam áreas que podem ser amplamente separados espaciais ou temporalmente. As estratégias das espécies com interações devem ser reconfiguradas após perturbação baseada em organismos residuais a restruturação das comunidades de organismos pode basear-se numa memória ecológica que contribui e leva à recuperação da área afetada. Esta memória ecológica faz parte de uma complexa rede de espécies e das suas relações com o meio ambiente. Com base no ciclo de renovação de Holling, desenvolveu-se um modelo de resiliência biomimetica que identifica estratégias de recuperação inspiradas na colonização de espécies oportunistas, sua acumulação e armazenagem de recursos e as fases de reorganização para uma nova estabilidade. Foram estudadas e caracterizadas que interações ocorrem dentro e entre áreas perturbadas e não perturbadas que facilitam a proliferação, regeneração e translocação de nutrientes. O modelo de resiliência também considerada limitações, como distância de áreas de origem, a disponibilidade de agentes dispersores e adequação do ambiente perturbado.

Este modelo de resiliência foi criado para ajudar a compreender os processos de recuperação naturais que podem ser emulados após perturbações

e aplicada ao planeamento de desastres em comunidade humana.

Palavras-chave: Biomimética, Modelo, Distúrbios naturais, Sustentabilidade

Bibliografia

Benuys, J. 2002. Innovation Inspired by Nature. Harper Collins, New York. 306pp.

Bengtsson, J.; Angelstam, P; Elmqvist, T; Emanuelsson, U; Folke, C; Ihse, M; Moberg, F; Nystrom, M. Reserves, resilience and dynamic landscapes. Ambio : A Journal of the Human Environment. 32(6): 389-396.

Drever CR; Peterson G; Messier C; Bergeron Y; Flannigan M. 2006. Can forest management based on natural disturbances maintain ecological resilience?. Canadian Journal of Forest Research. 36(9): 2285-2299.

Nunes L. and Narog M. 2013. Resilience Biomimcry model for natural disturbance scenarios. Mineralogical, 77(5) 1866. Cambridge Press.

O fogo bacteriano das pomoideas em Portugal
Fire blight in Portugal

João Pedro Luz
Conceição Amaro
Instituto Politécnico de Castelo Branco, Escola Superior Agrária. Castelo Branco, Portugal
j.p.luz@ipcb.pt

Abstract

After the first detection of Fire Blight in Portugal by the School of Agriculture of the Polytechnic Institute of Castelo Branco in June 2006, several studies have been carried out in order to identify the strains that are occurring in Portugal. Portugal was the last country in western and southern Europe where Fire Blight was detected, and still has the protected zone label from the European Union. In 2010, the disease was also detected in the Oeste region, the main pear production region of Portugal. Strong efforts are being conducted to eradicate the disease in the Oeste region, like it was eradicated in the first foci in 2006. Three forecast models (Maryblyt, Cougar Blight, and BIS revised) are being tested to evaluate and validate the one that applies better to the Oeste region. Although 2011 was extraordinarily favourable to the onset of the disease, 2012 was very mild and almost no new foci were detected. It is very clear that a satisfactory control is an

enormous task where growers and their associations, academics, and agricultural official services have to work together.
Keywords: Apple trees; *Erwinia amylovora*; *Maloideae*; Pear trees; *Rosaceae*.

Resumo

O primeiro aparecimento do Fogo Bacteriano das Rosáceas em Portugal data de 2005, mas o agente causal só foi identificado em maio de 2006, pelo Laboratório de Proteção Vegetal da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Castelo Branco, que foi prontamente confirmado pela extinta Direção-Geral de Proteção das Culturas (DGPC), instituição que tutelava a introdução de organismos de quarentena em Portugal, tendo dado origem à Circular n.º 2/DSF/2006 de 10 de agosto e à Portaria n.º 908/2006, de 4 de setembro, que estabelece medidas adicionais e de emergência temporárias de proteção fitossanitária destinadas à erradicação no território nacional da bactéria responsável pela doença vulgarmente designada por Fogo Bacteriano. Nessa altura, foram identificados dois focos da doença, no concelho do Fundão, e as árvores afetadas eram macieiras das cultivares Fuji e Bravo de Esmolfe e pereiras da cultivar Rocha. Estes focos foram, aparentemente, erradicados após a eliminação e destruição dos pomares atacados.

Em 2007, foram novamente identificados focos em macieira Bravo de Esmolfe, no concelho de Viseu, e, em 2010, apareceram os primeiros focos da doença na região de Alcobaça, tendo, em 2011, se agudizado a situação por causa das condições climáticas extraordinariamente favoráveis à evolução da doença durante toda a primavera.

O Fogo Bacteriano das Rosáceas, causado por *Erwinia amylovora* (Burrill) Winslow et al., é uma das doenças mais destrutivas das fruteiras, além disso tanto a doença como o seu agente causal são ambos originais. Depois de mais de um século de estudos e centenas de publicações, sabemos muito sobre a doença e sobre o agente patogénico, contudo ainda não percebemos porque somente *E. amylovora* causa este tipo de sintomas e porque ataca apenas algumas espécies de plantas da família *Rosaceae* (Vanneste, 2000).

Desde que foi observado pela primeira vez, em 1780, a importância económica da doença tem sido crescente devido à sua dispersão para novas áreas de produção de maçã e pera. Novos registos de entrada do agente patogénico têm ocorrido no Oriente Médio, Europa e regiões do Mediterrâneo, como a sua recente entrada na Argélia, em 2011. O Fogo Bacteriano tem uma distribuição mundial, estando presente em 47 países, em todos os continentes com exceção da América do Sul. Pode estar presente em vários

outros países, mas ainda não foi observado ou não notificado. Em Espanha, detetou-se pela primeira vez em 1995, em macieiras, na província de São Sebastião, a 10 Km da fronteira com França (Butrón, 1995). Na sequência da sua disseminação em regiões de várias condições climáticas, tornou-se óbvio que a doença é consideravelmente mais grave em áreas quentes e húmidas do que nas mais frias e/ou mais secas (Bonn & van der Zwet, 2000), o que pode confirmar o alto risco de perigosidade em Portugal.

No entanto, as estratégias de combate envolvendo sistemas de avaliação e previsão do risco associados aos produtos químicos e agentes de luta biológica, práticas culturais em pomares e viveiros e às cultivares selecionadas pela sua resistência, têm possibilitado e continuarão a permitir a produção comercial de maçã e pera em áreas onde o Fogo Bacteriano está presente (Vanneste, 2000).

O Fogo Bacteriano já foi descrito em cerca de 200 espécies de plantas de 40 géneros, todos eles pertencentes à família das *Rosaceae* (van der Zwet & Keil, 1979). Os hospedeiros principais e mais suscetíveis estão na subfamília Pomoideae da família *Rosaceae*. As seguintes fruteiras são consideradas hospedeiros importantes, tanto do ponto de vista económico como epidemiológico: macieiras, pereiras, marmeleiros e nespereiras. Várias plantas ornamentais são também muito suscetíveis, entre as principais encontram-se: *Crataegus* spp. – pilriteiros, *Cotoneaster* spp. e *Pyracantha* spp.

Existe uma suscetibilidade varietal acentuada entre as diferentes cultivares de macieira e de pereira, onde se pode verificar que a pereira Rocha foi considerada pouco sensível (Lespinasse & Aldwinckle, 2000), mas próxima da sensibilidade média (Le Lézec, 1997).

Todas as partes aéreas dos hospedeiros podem ser infetadas por *Erwinia amylovora*. Os sintomas mais comuns e característicos são: (a) murchidão e morte de flores; algumas ou todas as flores do corimbo podem morrer; as flores mortas secam e ficam com uma cor castanha escura a negra e geralmente permanecem agarradas à planta. (b) murchidão e morte de rebentos e ramos jovens; os rebentos e os raminhos jovens infetados secam, ficam castanhos e na maioria dos casos a ponta encurva, ficando com a forma característica do sintoma conhecido como "cajado de pastor". (c) sintoma nas folhas: as folhas infetadas mostram manchas necróticas que se iniciam ou a partir da margem da folha ou da nervura central e no pecíolo, dependendo da forma como a infeção ocorreu. (d) sintoma nos frutos: frutos infetados também ficam castanhos ou negros, murcham e, assim como as flores, permanecem agarrados ao esporão, assumindo uma aparência mumificada. (e) sintomas no tronco: a partir das flores, raminho e frutos infetados, a doença espalha-se através dos vasos xilémicos para ramos maiores causando can-

cros e, em seguida, pode continuar para pernadas e tronco. Os cancros causam a morte rápida dos ramos ou da árvore inteira quando rodeiam os ramos ou o tronco, respetivamente. Internamente os tecidos da área morrem apresentando uma cor vermelha ou acastanhada que se difunde para os tecidos saudáveis (EPPO, 1997).

Em condições quentes e húmidas, um exsudado bacteriano mucoide esbranquiçado pode surgir nos tecidos infetados: pecíolos, casca da árvore, flores e frutos infetados.

A primeira infeção do ano ou infeção primária ocorre na primavera, quando o agente patogénico invade as flores ou rebentos da planta hospedeira. A origem destas bactérias podem ser cancros do ano anterior, que se ativam no início da primavera e/ou bactérias que se mantiveram nos tecidos das plantas (van der Zwet et al., 1988). O inóculo produzido por estes cancros pode formar gotas visíveis de exsudado bacteriano na superfície da casca, mas não é imprescindível. Além disso, não é necessária a presença de cancros porque a bactéria pode sobreviver dentro dos tecidos vegetais sem mostrar sintomas, durante o inverno, e desenvolver infeções primárias a partir da migração para órgãos saudáveis (Palacio-Bielsa & Cambra, 2009).

Na primavera, o inóculo primário é disseminado através dos diversos vetores, principalmente insetos polinizadores ou eventos que provoquem feridas. As ferramentas da poda não desinfetadas também contribuem para a disseminação a curtas e médias distâncias. Quando as condições climáticas são favoráveis e o hospedeiro está recetivo, a bactéria multiplica-se rapidamente e a infeção avança no sentido descendente, invadindo os tecidos (Palacio-Bielsa & Cambra, 2009).

Após se ter dado a infeção primária produzem-se grandes quantidades de inóculo secundário, que será disseminado mediante diversos agentes bióticos, dando lugar a novas infeções (infeções secundárias). O inóculo secundário pode ser originado a partir dos exsudados bacterianos produzidos nos rebentos, folhas, frutos e ramos. Pode produzir-se na primavera, verão, outono e habitualmente está associado com abrolhamentos ou crescimentos tardios de rebentos e abundância chuva.

As infeções secundárias são geralmente mais numerosas que as primárias e podem causar danos mais graves. Existem maior número de órgãos vegetativos, maior possibilidade de disseminação da bactéria, com ajuda dos insetos, e maior número de órgãos suscetíveis. Durante o período vegetativo pode haver vários ciclos de infeções em função das condições ambientais.

No outono, a bactéria instala-se nos tecidos lenhificados e produz cancros, onde *E. amylovora* sobrevive durante o repouso vegetativo.

Os conhecimentos epidemiológicos sobre a doença são fundamentais para encontrar pontos fracos ou áreas onde o agente patogénico pode ser eliminado ou reduzido. Saber que não está normalmente presente sistemicamente em toda a árvore e que a poda completa de cancros hibernantes irá eliminar a maioria das bactérias sobreviventes, fornece a base para uma poda cuidadosa das árvores. Além disso, ajuda-nos a entender por que uma poda conveniente e atempada do fogo bacteriano é fundamental, mas uma poda tardia é muitas vezes uma perda de tempo (Thomson, 2000).

O conhecimento que *E. amylovora* se multiplica preferencialmente na superfície estigmática das flores assegura-nos que podemos monitorizar os estigmas para a presença, antecipando a necessidade de combate a surtos de fogo bacteriano. As informações que temos sobre os locais de colonização e o papel da chuva, permite-nos oferecer uma mais adequada calendarização das pulverizações.

O combate ao Fogo Bacteriano deve centrar-se no saneamento rigoroso do pomar durante o repouso e no ciclo vegetativo, juntamente com tratamentos oportunos durante o período de floração.

Existem diversos sistemas de previsão, tais como Maryblyt Cougar Blight e o sistema de Billing revisto, que podem ajudar a avaliar a necessidade de intervenção. Na verdade, o grande sucesso dos programas de combate das infeções à floração usando um bom sistema de previsão para a oportunidade dos tratamentos, quase eliminou qualquer ataque sério à floração. Isto, por sua vez, reduziu aparentemente a incidência de infeções secundárias aos rebentos, de modo a que as infeções que mesmo assim ocorrem, podem geralmente ser rapidamente removidas, com menor quantidade de trabalho (Steiner, 2000).

Torna-se muito claro depois de analisar as inúmeras formas em que E. amylovora sobrevive e é disseminada, que uma luta satisfatória é uma grande tarefa, em que tanto os produtores, como as suas associações, e os serviços oficiais têm que trabalhar conjuntamente.

Palavras chave:*Erwinia amylovora*; Macieira; *Maloideae*; Pereira; *Rosaceae*.

Bibliografia

Amaro C and Luz JP. 2012. O Fogo Bacteriano. Agroforum, 20:7-17. Escola Superior Agrária. Castelo Branco.

Bonn WG and van der Zwet T. 2000. Distribution and economic importance of fire blight: 37-53. In JL Vanneste (ed.): Fire Blight. The Disease and its Causative Agent, *Erwinia amylovora*. CABI Publishing, Wallingford, UK.

Butrón L. 1995. El fuego bacteriano. Una grave enfermedad para manzanos y perales. Fruitel, 10-11 (cit. Palacio-Bielsa & Cambra, 2009).

EPPO. 1997. Quarantine Pests for Europe – Data Sheets on Quarantine Pests for the European Union and for the European and Mediterranean Plant Protection Organization: *Erwinia amylovora*. CAB International, Paris, France: 1001-1007.

Le Lézec M, Lecomte P, Laurens F & Michelesi J-C. 1997. Sensibilité variétale au feu bactérien (2e partie). L'Arboriculture Fruitière, 504: 33-37.

Lespinasse Y and Aldwinckle HS. 2000. Breeding for resistance to fire blight: 253-273. In JL Vanneste (ed.): Fire Blight. The Disease and its Causative Agent, *Erwinia amylovora*. CABI Publishing, Wallingford, UK.

Luz JP. 2011. Fogo Bacteriano em Portugal. Bayfruta Notícias, n.º 9. Bayer CropScience. Lisboa.

Palacio-Bielsa A and Cambra MA. 2009. El fuego bacteriano: la enfermedad: 13-52. In A Palacio--Bielsa & MA Cambra (eds.): El Fuego Bacteriano de las Rosáceas (*Erwinia amylovora*). Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid.

Steiner PW. 2000. Integrated orchard and nursery management for the control of fire blight: 339-358. In JL Vanneste (ed.): Fire Blight. The Disease and its Causative Agent, *Erwinia amylovora*. CABI Publishing, Wallingford, UK.

Thomson SV. 2000. Epidemiology of fire blight: 9-36. In JL Vanneste (ed.): Fire Blight. The Disease and its Causative Agent, Erwinia amylovora. CABI Publishing, Wallingford, UK.

van der Zwet T, Zoller BG and Thomson SV. 1988. Controlling fire blight of pear and apple by accurate prediction of the blossom blight phase. Plant Disease, 72: 464-472.

Vanneste JL. 2000. What is fire blight? Who is *Erwinia amylovora*? How to control it?: 1-6. In JL Vanneste (ed.): Fire Blight. The Disease and its Causative Agent, *Erwinia amylovora*. CABI Publishing, Wallingford, UK.

Vegetação autóctone aplicada a painéis de cobertura e fachadas ajardinadas de edifícios urbanos

Natural vegetated panels for green roofs and facades in urban buildings

Fernanda Delgado
Conceição Amaro
Instituto Politécnico de Castelo Branco, Escola Superior Agrária. Castelo Branco, Portugal
CERNAS
fdelgado@ipcb.pt

Abstract

Nowadays, green roofs and facades have been considered as means of both energy saving and pollution reduction. Green roofs and facades provide multiple benefits: they create modern, unique aesthetics and building envelopes, that are living and change with time; they improve buildings' energy rating and they provide natural shading and cooling in summer and, in some cases, thermal insulation in winter, through their external wall insulation layer.

This talk presents the assumptions and the research-targets of the project

"GEOGREEN-Waste geopolymeric binder-based natural vegetated panels for energy-efficient building green roofs and facades", namely associations of native species with good potential for usage in this type of structures because we aim to monitor and apply them in extreme weather conditions, in dry-sub-humid Mediterranean climate and acid and basic pH.

The use and recovery of species from endemic and native flora has been investigated with a view to integrate them in this new form of decoration and landscaping of built roofs and facades.

In this work, a selection of herbaceous and shrubby plants from associations that occur in nature and that support dry mesomediterranean conditions as well as different pH is presented. Their morphological, phenological, propagation and adaptation to culture attributes are also presented.

Experiments with species propagation and adaptation in containers, different types of irrigation and substrate are explained. Finally, the results obtained after one year are presented.

Keywords: herbaceous perennial; green roofs; endemic, native flora, cultural adaptation.

Resumo

As coberturas e fachadas ajardinadas nos espaços urbanos, possuem múltiplos benefícios, podendo destacar-se desde já, os seguintes: proteção da estrutura edificada e aumento da sua vida útil; proteção térmica no verão mitigando o efeito da ilha de calor; regulação de humidade, aumentando a capacidade de retenção de água e a diminuição do escorrimento superficial; proteção acústica; proteção contra incêndios; redução dos movimentos de poluição; produção de O_2 e consumo de CO_2; aumento da biodiversidade vegetal e animal; efeitos estéticos e psicológicos por redução das superficies pavimentadas.

Actualmente existem, principalmente, dois tipos de sistemas de cobertura verdes: o extensivo e o intensivo. O sistema extensivo de coberturas ajardinadas é sumariamente caracterizado pelo seu baixo peso, baixo custo e baixa manutenção, uma vez que, a camada de substrato é muito fina (6-20 cm) com uma carga de 60-150kg/m^2(peso de substrato saturado), exigindo pouca ou nenhuma rega, originando porém, situações de stress à maioria das plantas, havendo por isso, uma limitação do tipo de espécies que se podem instalar, optando-se, preferencialmente, por plantas de pequeno porte como musgos, sedum, herbáceas, gramíneas, plantas autóctones, por serem mais resistentes a uma baixa manutenção.

No caso do sistema intensivo a profundidade do substrato pode ser superior a 20 cm, havendo a possibilidade de instalar uma maior variedade de plantas, sendo os custos de manutenção mais elevados. As estruturas têm que ser reforçadas, devido a cargas que podem variar entre 150 e 500kg/ m^2 (NTJ,2012).

No presente trabalho pretende divulgar-se os objetivos de um projeto inovador no que diz respeito à forma como está pensada a criação da cobertura e fachadas verdes pela utilização de painéis revestidos de vegetação autóctone da Península Ibérica, em estruturas modelares, com reutilização de materiais. Para além de se apresentarem as associações que na natureza existem com maiores potencialidades para as condições concretas a estudar, decidiu-se também introduzir para estudo espécies espontâneas e cultivadas, muitas delas aromáticas, já conhecidas da equipa de investigação por diversos anos de ensaios e que apresentam boas potencialidades para a introdução neste tipo de estruturas, tanto em coberturas como em fachadas.

Os estudos iniciaram-se com a propagação das espécies, a que se seguiram os ensaios de seleção do melhor substrato (inicialmente composto por elementos que facilitam a manutenção de água, mas também que possuam boa capacidade de drenagem), dotação de rega e tamanho mínimo dos contentores.

Dos estudos efectuados neste 1º ano seleccionar-se–ão as modalidades com melhor performance, escolhendo as espécies em função do seu interesse por: época do ano, cor da folhagem; adaptação a temperaturas elevadas e baixas e distintos pH (Delgado et al., 2011).

O projeto GEOGREEN proposto pelo Centre of Materials and Building Technologies (C-MADE), da Universidade da Beira Interior (UBI) em parceria com a Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Castelo Branco (ESAC/IPCB), é um projeto de Investigação e Desenvolvimento (I&D) da Fundação para a Ciência e Tecnologia FCT (PTDC/ECM/113922/2009) com início em Março de 2011 e com término em 2014.

Com este projeto de investigação pretende-se desenvolver o conhecimento científico sobre coberturas e fachadas ajardinadas, utilizando uma solução que se baseia no desenvolvimento de um painel de revestimento pré-fabricado, como parte de um sistema modular, incorporando vegetação natural, adaptado à construção nova e à modernização de edifícios e, como tal, de fácil alteração e manutenção.

Assim, este projecto visa:

1) Desenvolver um sistema modular de painéis pré-fabricados e pré-plantados com vegetação natural, adequado para edifícios novos e readapta-

ção/reabilitação de edifícios existentes;

2) Estudar diferentes formas de combinações de cada camada constituinte do sistema; camada de vegetação, drenagem/irrigação e camada de suporte, como um único painel onde as características de arrefecimento passivo no verão e isolamento no inverno sejam optimizadas;
3) Estudar a utilização de vegetação autóctone/endémica para um determinado clima com grandes amplitudes térmicas (verão muito quente – inverno muito frio);
4) Estudar e produzir um sistema de painéis com base em materiais não convencionais obtidos de resíduos (com ligantes geopoliméricos de resíduos), combinando baixa densidade, porosidade, retenção de água, isolamento térmico, durabilidade e resistência ao fogo;
5) Realizar ensaios em clima real, modelação numérica, medição de desempenho térmico e energético das diferentes soluções estudadas, numa infra-estrutura laboratorial construída para o efeito.
6) Propor recomendações práticas para a pré-fabricação do sistema desenvolvido e para a sua integração na modernização de áreas urbanas e na readaptação de edifícios existentes.

Numa primeira fase foi efectuada uma seleção das associações fitossociológicas herbáceas vivazes (a e b) assim como de associações arbustivas (c e d), que se desenvolvem no andar bioclimático mesomediterrânico, contudo, adaptadas a situações edafo-xerófilas tendo, ao mesmo tempo, alguma capacidade para suportar variações de pH de ácido a básico. Desta forma, descrevem-se sucintamente, algumas dessas associações no que respeita à composição florística, ecologia e fenologia dominante:

a) *Melico magnolii-Stipetum giganteae*
Constitui um arrelvado vivaz de distribuição mesomediterrânica seco-sub-húmida, desenvolvendo-se em solos profundos de pH elevado. É dominada por *Celtica gigantea* podendo ocorrer outros táxones característicos, maioritariamente gramíneas, como *Allium guttatum* subsp. *sardoum*, *Arrhenatherum album* var. *erianthum*, *Arrhenatherum baeticum*, *Avenula hackelii* subsp. *hackelii*, *Avenula hackelii* subsp. *stenophylla*, *Carex divisa* var. *chaetophylla*, *Centaurea aristata* subsp. *langeana*, entre outros. Esta associação tem a vantagem de produzir elevada biomassa e ser resistente à secura, mantendo alguma tonalidade verde nas épocas de seca, contudo o sistema radicular é exigente em profundidade de solo.
b) *Phlomido lychnitidis-Brachypodietum phoenicoides*

Associação que se desenvolve em solos neutros a básicos, mais ou menos profundos e que suporta bem a xericidade, é subserial de bosques de azinho. Muitas dos táxones que constituem este prado vivaz e denso têm valor ornamental: *Allium paniculatum*, *Allium roseum*, *Asphodelus ramosus*, *Phlomis lycnhitis*; *Brachypodium phoenicoides*; *Centaurium erythraea* subsp. *erytharea*, *Gladiolus illyricus*, *Luzula campestris* subsp. *campestris*, *Nepeta tuberosa* subsp. *tuberosa*, *Melica ciliata* subsp. *magnolii*, *Salvia sclareoides* e *Teucrium chamaedrys* subsp. *chamaedrys*. Da composição florística destes prados poderão fazer parte alguns táxones das famílias *Orchidaceae* e *Iridaceae*, nomeadamente dos géneros *Orchis*, *Ophrys* e *Narcissus*, alguns deles endémicos, conferindo-lhe elevada originalidade, valor conservacionista e estético. Tendo em conta as várias combinações possíveis destas espécies, na composição florística destes prados, estes poderão adquirir diferentes tonalidades. Apesar de ser uma associação que se desenvolve preferencialmente em solos profundos, os diferentes táxones que a compõem poderão permitir combinações florísticas mais adaptadas a situações de maior xericidade, tal como acontece no meio natural, permitindo superar essa desvantagem na sua aplicação em painéis de cobertura.

c) *Teucrio capitatae – Thymetum sylvestris*

Associação arbustiva baixa de solos básicos onde predominam o *Teucrium capitatus* e o *Thymus sylvestris*. Este tomilhal, calcícola, desenvolve-se espontâneamente no Maciço Calcário Extremenho, subsistindo em solos decapitados descarbonatados das serras calcárias cársicas e calcodolomíticas do Divisório Português (Costa et al., 2009). Assim, as espécies que o compõem estão adequadas à basicidade inerente aos painés e às condições bioclimáticas da Beira Interior.

d) *Halimio ocymoidis – Ericetum umbellatum*

Associação que se desenvolve no território da Beira Interior em solos siliciosos, suportando bem a secura, em que predominam plantas com valor ornamental, pela diversidade de coloração da sua floração que vai do rosa ao azul. Os táxones predominantes são: *Halimium ocymoides, Erica umbellada, Calluna vulgaris* e *Lithodora prostrata*.

O elenco de espécies autóctones de interesse ornamental é enorme, sendo este um recurso ainda pouco explorado. As espécies do género *Thymus*, por exemplo, integram a composição florística de muitas comunidades arbustivas com grande potencial aromático e ornamental. Por exemplo, o *Thymus mastichina* integra várias associações de *Cisto-Lavanduletea*, resistindo bem a condições termófilas e edafo-xerófilas.

Tendo como base as associações fitossociológicas descritas e as características morfológicas das espécies que as integram, tomou-se como base para o estudo a associação c) contudo, deverá ser avaliada experimentalmente a viabilidade da aplicação de espécies de solos ácidos caracteristicas da associação d) pois que a basicidade que as estruturas modelares poderão desenvolver inicialmente, deverá, por lixiviação e pelo tipo de substrato de pH ácido a neutro deixar de ser uma condicionante. Apresentam-se no quadro 1 as características das espécies estudadas neste 1º ano do projecto, podendo desde já, observar-se as características distintivas de porte, época de floração, cor da folhagem e cor da flor. Estes aspectos serão determinantes para a escolha das misturas de plantas para os objectivos definidos, sejam eles unicamente ornamentais numa determinada época do ano, seja a conjugação dos mesmos com a rusticidade e eficiência energética da melhor associação de espécies.

As espécies mais promissoras nesta fase de investigação foram: *Achillea milefollium*, *Thymus mastichina*, *Thymus serphylum* e *Rosmarinus prostratus,* para além de *Sedum album* e *Sedum sediforme*.

Após a definição das espécies vegetais e do substrato de base, serão concebidos os painéis, com as características já referidas de utilização de materiais reciclados e de baixa densidade, painéis estes, de fácil transporte e manuseamento. O (s) painel(s) deverá considerar todas as limitações em termos de quantidade do substrato a incorporar e das diferentes associações de plantas. Estes painéis terão distintas composições de geopolímeros, propriedades físicas (térmicas) e mecânicas adaptadas aos objetivos e um design próprio. Os estudos do efeito destes paineis em condições reais serão alvo de um protótipo, também a desenvolver.

Bibliografia

Delgado, F., Amaro, C., Seco, Fand Ribeiro, R. 2011. Vegetação autóctone aplicada a painéis de cobertura e fachadas verdes de edifícios urbanos – " Projeto GEOGREEN".
Actas Portuguesas de Horticultura 19: 328-340.

Dunnett, N. and Kingsbury, N. 2008. Planting Green Roof and Living Walls. Timber Press. London.

FLL- The Landscape Development and Landscaping Research Society e. v. FLL 2008. Guidelines for the planning, construction and maintenance of green roofings- Green Roofing Guidelines

NTJ- Normas Tecnológicas de Jardinería y Paísajismo 2012. Ajardinamentos Especiales. Cubiertas Verdes. Fundació de la jardineria i el Paisatge. Barcelona.

Gabriel Péres, Lídia Ricon, Josep. M. Gonzáles and Luisa F. Cabeza 2011. Green vertical systems for buildings as systems for energy saving. Aplied Energy 88: 4854-4859.

Quadro 1-Características das espécies com adaptações a condições de xericidade –Fase 1- Projecto GEOGREEN

Nome científico	Nome comum	Família	Tipo de propagação	Porte	Época de floração	Cor da folhagem	Cor da flor
Achillea millefolium	Milefólio	ASTERACEAE	Sexuada / Assexuada	Prostrado	Junho e Julho	Verde - claro	Rosa
Artemisia absinthium	Absinto	ASTERACEAE	Sexuada / Assexuada	Arbustivo	Maio a Julho	Acinzentada	Amarela
Calluna vulgaris	Urze	ERICACEAE	Sexuada / Assexuada	Erecto	Junho e Setembro	verde	Lilás
Cistus crispus	Roselha	CISTACEAE	Sexuada / Assexuada	Prostrado	Abril a Junho	Verde - claro	Rosa
Drosanthemum floribundum	Drosântemo	AIZOACEAE	Assexuada	Prostrado	Abril e Maio	Verde - escuro	Rosada
Erica umbellada	Torga	ERICACEAE	Sexuada / Assexuada	Arbustivo	Março a Abril		Rosada
Halimium ocymoides	Sargacinha	CISTACEAE	Sexuada / Assexuada	Arbustivo	Março	Acinzentado	Branca
Helichrysum stoechas	Perpétua-das-arcias	ASTERACEAE	Sexuada / Assexuada	Globoso	Abril e Setembro	Verde - escuro	Amarela
Helychrisum italicum	Erva-do-caril	ASTERACEAE	Sexuada / Assexuada	Esférico	Agosto e Setembro	Acinzentada	Amarela
Lavandula luisieri	Rosmaninho-menor	LAMIACEAE	Sexuada / Assexuada	Erecto	Março e Outubro	Acinzentada	Lilás
Lavandula pedunculata	Rosmaninho-maior	LAMIACEAE	Sexuada / Assexuada	Erecto	Abril a Junho	Acinzentada	Arroxeado
Lithodora prostrata	Erva-das-sete-sangrias	BORAGINACEAE	Sexuada / Assexuada	Prostrado	Junho	Verde	Azul
Origanum majorana	Manjerona	LAMIACEAE	Sexuada / Assexuada	Erecto	Junho e Julho	Verde - claro	Branca
Santolina chamaecyparissus	Santolina	ASTERACEAE	Sexuada / Assexuada	Globoso	Agosto a Outubro	Verde - claro	Amarela
Satureja montana	Segurelha	LAMIACEAE	Sexuada / Assexuada	Erecto	Junho e Julho	Verde - escuro	Purpura
Teucrium capitatus	Carvalhinha	LAMIACEAE	Sexuada / Assexuada	Erecto	Maio e Junho	Acinzentado	Rosada
Thymus prostratum	Tomilho rasteiro	LAMIACEAE	Sexuada / Assexuada	Prostrado	Fins Março a fins Julho	Verde - escuro	Branca
Thymus serpyllum	Serpão	LAMIACEAE	Sexuada / Assexuada	Prostrado	Início Julho	Verde - claro	Branca
Thymus mastichina	Bela-luz	LAMIACEAE	Sexuada / Assexuada	Erecto	Junho e Julho	Acinzentado	Branca
Thymus sylvestris	Tomilho silvestre	LAMIACEAE	Sexuada / Assexuada	Erecto	Junho e Julho	Verde - escuro	Branca
Thymus variegatum	Tomilho variegatum	LAMIACEAE	Sexuada / Assexuada	Erecto	Abril a Junho	Verde - claro	Esbranquiçada
Thymus vulgaris	Tomilho comum	LAMIACEAE	Sexuada / Assexuada	Erecto	Início Março a início Junho	Verde - escuro	Branca
Thymus x citriodorus	Tomilho-limão	LAMIACEAE	Sexuada / Assexuada	Erecto	Março a Agosto	Verde-claro	Rosada

Detecção remota e modelação em gestão florestal

Remote sensing and modelling in forest management

Cristina Alegria
Instituto Politécnico de Castelo Branco, Escola Superior Agrária. Castelo Branco, Portugal
CERNAS,
crisalegria@ipcb.pt

Abstract

An overview of the studies developed for maritime pine (*Pinus pinaster* Aiton) in the regions of central inland Portugal is presented.

A set of models was developed which will allow the prediction of individual tree, over bark, total volume and merchantable volume to any merchantable limit, for both species and region to support management decisions.

This earlier set of equations referred to above was also included as components in a single tree growth and yield model developed for the naturally regenerated, pure uneven-aged, maritime pine stands in central inland Portugal.

The tree growth and yield model, named PBIRROL, consists in a system of sub-models for tree height, site quality, tree age, average crown ratio, tree volumes, tree list (recruitment, mortality and harvesting), annual tree diameter increment and annual dominant height growth predictions. In Portugal, it will allow more accurate predictions for the naturally regenerated maritime pine stands.

An economic analysis of the silvicultural prescriptions available for species management was also performed. Seven silvicultural scenarios for pure and even aged maritime pine stands were analysed. The analysis results pro-

ved the selection of an intensive management stand prescription that is used as a guide for reforestation projects, using artificial regeneration by plantation, when the main goal is round wood yield. For areas of natural regeneration, a fully stocked stand prescription, pulp wood yield oriented, was selected. This prescription enables saving in site preparation and plantation costs, and at the moment it is the most suitable for the existing naturally regenerated maritime pine stands of Portuguese private forest areas.

Finally, a methodological approach for forest productivity mapping in a Geographical Information System (GIS) using geostatistical tools was developed. Forest productivity maps were produced as large scale models to be used as a thematic layer in a GIS supporting forest management decisions. Forest productivity could be estimated in areas where no inventory data were available and it could be used as a guideline for defining the best areas for future forestry production.
Keywords: Inventory, Modelling, Maritime pine, Remote Sensing, Geographical Information Systems, Geostatistics.

Resumo

Ao longo dos últimos 26 anos tem-se desenvolvido na Escola Superior Agrária de Castelo Branco um conjunto de trabalhos, projetos e serviços à comunidade, nas áreas da Engenharia Florestal e do Ordenamento dos Recursos Naturais. Nesta conferência irão ser apresentados alguns dos resultados obtidos.

O delineamento experimental dos estudos sobre a floresta de pinheiro bravo da região foi suportado recorrendo a técnicas da detecção remota (DR). Estes estudos permitiram diagnosticar que, na sua generalidade, os povoamentos de pinheiro bravo da região se estabeleceram por regeneração natural, desenvolvendo estruturas etárias irregulares, encontrando-se sobrelotados e carecendo de uma gestão técnica.

Para o apoio à gestão destes povoamentos foram desenvolvidos, diversos modelos ao nível da árvore individual, designadamente: uma equação de predição da altura total, uma equação de volume total, equações de volume percentual em função de uma altura de corte e em função de um diâmetro de corte, uma equação de perfil de tronco e um sistema de equações compatíveis. Estes modelos permitem simular os volumes totais e mercantis dos povoamentos de pinheiro bravo da região de Castelo Branco.

Estes modelos, após calibração, foram incorporados no modelo de cresci-

mento e produção que se desenvolveu para os povoamentos de pinheiro bravo naturais, originados por regeneração natural e de estrutura irregular, da região.

Foram também, alvo de avaliação de eficiência económica os modelos de silvicultura existentes para a espécie. Resultou da análise que o modelo de silvicultura proposto por Louro et al. (2000) se revelou como o mais eficiente para a condução dos povoamentos de pinheiro bravo instalados por plantação, para o objectivo de produção de lenho de grandes dimensões. Para o caso dos povoamentos de pinheiro bravo naturais, originados por regeneração natural, o modelo de silvicultura proposto por Oliveira (1999), orientado para o objectivo de produção lenho de pequenas dimensões, foi o que se provou ser o mais eficiente economicamente.

Foi desenvolvida uma metodologia em SIG apoiada por técnicas de geoestatística em que se realizou a integração de um dos modelos desenvolvidos para a espécie e região: a relação hipsométrica da qualidade de estação. Tal, permitiu produzir cartas de produtividade para os povoamentos de pinheiro bravo e incorporar estes níveis de informação em análises espaciais futuras. Estas cartas permitem identificar as áreas de maior potencial produtivo desta espécie e apoiar a decisão no que toca ao ordenamento florestal (função produção).

Por fim, referiu-se a importância da fusão e integração de dados geo-referenciados em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) obtidos de várias fontes, como inventários de campo, imagens obtidos por DR, dados climáticos, edáficos e topográficos, no âmbito da modelação espacial.

Palavras Chave: Inventário, Modelação, Pinheiro bravo, Detecção Remota, Sistemas de Informação Geográfica, Geoestatística.

Bibliografia

Alegria C., 2011. Modelling merchantable volumes for uneven aged maritime pine (*Pinus pinaster* Aiton) stands established by natural regeneration in the central Portugal. Ann. For. Res. 54(2): 197-214. http://www.editurasilvica.ro/afr/summary.php?vol=54&nr=2&an=2011&l=alegria&p=197-214

Alegria, C. 2011. Simulation of silvicultural scenarios and economic efficiency for maritime pine (*Pinus pinaster* Aiton) management in centre inland of Portugal. Forest Systems 20: 361-378. doi: http://dx.doi.org/10.5424/fs/20112003-11070

Alegria, C. and Tomé, M. 2011. A set of models for individual tree merchantable volume prediction for *Pinus pinaster* Aiton in central inland of Portugal. European Journal of Forest Research: Volume 130, Issue 5 (2011), Page 871-879. http://www.springerlink.com/openurl.asp?genre=article&id=doi:10.1007/s10342-011-0479-3

Alegria, C. M. M. 1991. Análise de funções de crescimento. Aplicação do Método de Análise de Tronco a povoamentos de *Pinus pinaster* Aiton na Região de Castelo Branco. In: Páscoa F., Martinho A., Pires dos Santos H. and Ribeiro T. (Eds.), Proc. Encontro sobre Pinhal Bravo,

Material Lenhoso e Resina. Escola Superior Agrária de Coimbra, 5 a 6 de Dezembro. Sociedade Portuguesa de Ciências Florestais. Coimbra. pp 131-147.

Alegria, C. M. M. 1993. Predição do Volume Total, Volumes Mercantis, Perfil do Tronco e Sistemas de Equações Compatíveis para a *Pinus pinaster* Aiton no Distrito de Castelo Branco. Tese de Mestrado. Curso de Mestrado em Produção Vegetal. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa. http://hdl.handle.net/10400.11/329 C30-24750TD (ESACB) - 24750

Alegria, C. M. M. 1994. Crescimento e Produção do Pinheiro Bravo na Região de Castelo Branco. In: Páscoa F., Pinheiro L. and Isidoro A. (Eds.), Proc. Conference on III Congresso Florestal: Os Recursos Florestais no Desenvolvimento Rural, 15 a 17 de Dezembro. Sociedade Portuguesa de Ciências Florestais. ISA/DEF. Figueira da Foz. Vol 1 pp 269-292. (poster). http://hdl.handle.net/10400.11/394

Alegria, C. M. M. 1994. Predição de Volumes e Perfil do Tronco para o Pinheiro Bravo na Região de Castelo Branco. In: Páscoa F., Pinheiro L. and Isidoro A. (Eds.), Proc. Conference on III Congresso Florestal: Os Recursos Florestais no Desenvolvimento Rural. 15 a 17 de Dezembro. Sociedade Portuguesa de Ciências Florestais. ISA/DEF. Figueira da Foz. Vol 1 pp 38-51. http://hdl.handle.net/10400.11/389

Alegria, C. M. M. 2004. Estudo da Dinâmica do Crescimento e Produção dos Povoamentos Naturais de Pinheiro Bravo na Região de Castelo Branco. Tese de Doutoramento em Engenharia Florestal. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa. http://hdl.handle.net/10400.11/199 C30-14316TM (ESACB) - 14316

Alegria, C. M. M. 2007. Modelos para a Predição de Volumes do Pinheiro Bravo na Região de Castelo Branco. Revista da Escola Superior Agrária de Castelo Branco. Agroforum nº19 Ano 15, pg 17-22. http://hdl.handle.net/10400.11/178

Alegria, C. M. M. 2007. PBIRROL Modelo de Crescimento e Produção para os Povoamentos de Pinheiro Bravo de Estrutura Irregular do Concelho de Oleiros. Revista da Escola Superior Agrária de Castelo Branco. Agroforum nº18, Ano 15, pg 13-18. http://hdl.handle.net/10400.11/179

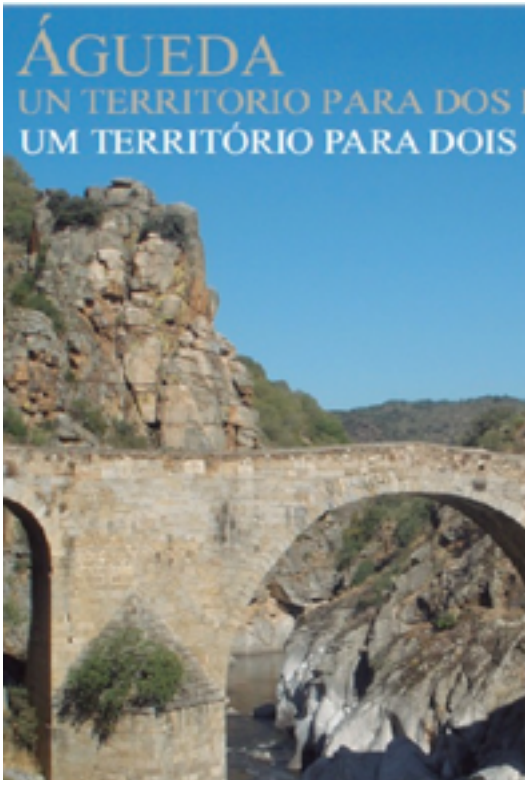
Dabase FORMODELS - Institut Europeen de la Forêt Cultivée – EFIATLANTIC web site http://www.iefc.net/?page=bdd/models/modeles_affiche.php&Id=1

Mestre S., Alegria C., Albuquerque T and Goovaerts P. 2011. Using GIS and geostatistics for mapping forest productivity: a case study for maritime pine stands (*Pinus pinaster* Aiton) in centre inland of Portugal. AAG Annual Meeting, 12-16 April, Seatle.

Análise de riscos ambientais em bacias transfronteiriças: projecto-piloto no rio Águeda

Environmental risks analysis in transboundary watershed: a pilot project in Agueda river

Isabel Margarida Horta Ribeiro Antunes[1],
Maria Teresa Durães Albuquerque[2], *Sandrina Fidalgo de Oliveira*[2]
[1]Instituto Politécnico de Castelo Branco, Escola Superior Agrária. Castelo Branco, Portugal
[2]Instituto Politécnico de Castelo Branco, Escola Superior de Tecnologia. Castelo Branco, Portugal
imantunes@ipcb.pt



Abstract

Groundwater vulnerability assessment is a critical point in decision-making processes, aimed to land use and resources management. Therefore, the adoption of preventive measures and monitoring processes are of the utmost importance. The main subject of this presentation is the construction of vulnerability mapping in the Águeda river watershed, using three methods - DRASTIC, DRASTIC Pesticide and Susceptibility Index (SI).

The calculated vulnerabilities show a clear heterogeneity along the Águeda watershed. The most vulnerable area is located in the central part of the basin, coinciding with the sedimentary Tertiary aquifer, with urban and agricultural activities. In the northern and southern areas, there is a moderate to high vulnerability, which deserves a detailed study in future works, suggesting that old mining activities could be an environmental risk.
Keywords: vulnerability; DRASTIC; DRASTIC pesticide; susceptibility index; Águeda river

Resumo

O projecto Águeda está inserido no Programa Operacional de Cooperação Transfronteiriça Espanha-Portugal (POCTEP), e tem por principal objectivo a Caracterização Ambiental e Análise dos Riscos na Bacia Transfronteiriça do Rio Águeda.

Este projecto surge das dificuldades de coordenação administrativa na gestão do território transfronteiriço; o que sendo feito de forma independente com o tratamento parcial das bacias hidrográficas transfronteiriças, pode gerar problemas e riscos ambientais administrativos. Um projecto-piloto numa área transfronteiriça, possibilitará uma melhor gestão em situações de emergência, com aumento da eficiência e diminuição dos custos associados.

A vulnerabilidade de um sistema aquífero pode ser entendida como a sua maior ou menor capacidade de atenuação face à passagem de poluentes, sendo uma propriedade intrínseca do sistema hidrogeológico. Tendo por objectivo a construção da cartografia de vulnerabilidade da água subterrânea na bacia hidrográfica do Rio Águeda, foram testados 3 métodos distintos: DRASTIC (vulnerabilidade intrínseca); DRASTIC Pesticida (parâmetros intrínsecos e ponderação de influências antropogénicas extrínsecas) e Índice de Susceptibilidade (IS) (vulnerabilidade extrínseca).

O índice de vulnerabilidade DRASTIC consiste no somatório da média

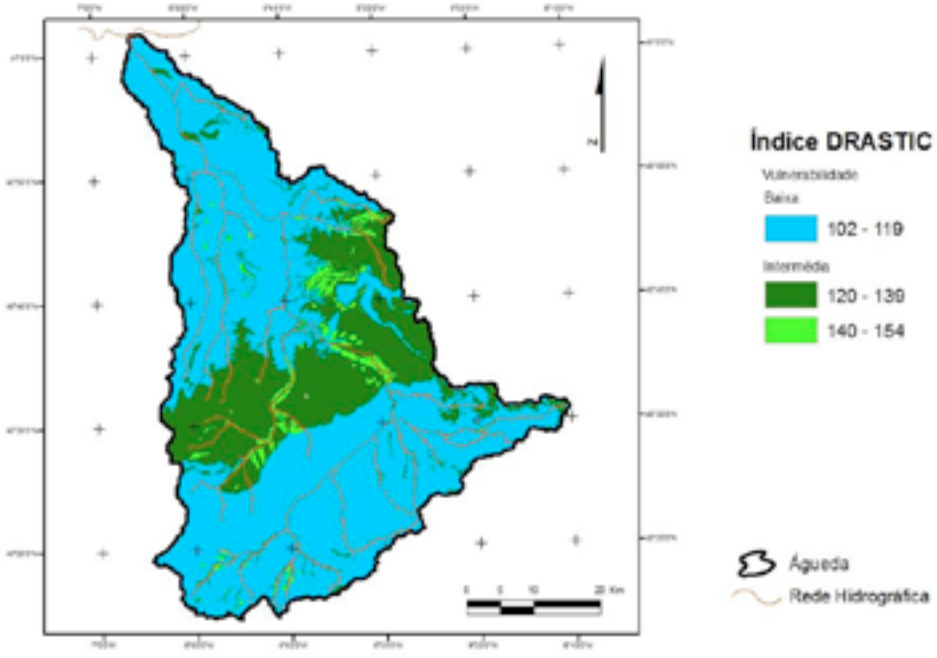
ponderada de 7 parâmetros: profundidade da zona não saturada (D); recarga do aquífero (R); material do aquífero (A); tipo de solo (S); topografia (T); influência da zona vadosa (I) e condutividade hidráulica (C). O índice DRASTIC pesticida, é uma variante do anterior, e foi desenvolvido em resposta à vulnerabilidade das zonas agrícolas, em particular com a intensa aplicação de nitratos; pelo que são introduzidas modificações na ponderação atribuída a cada parâmetro.

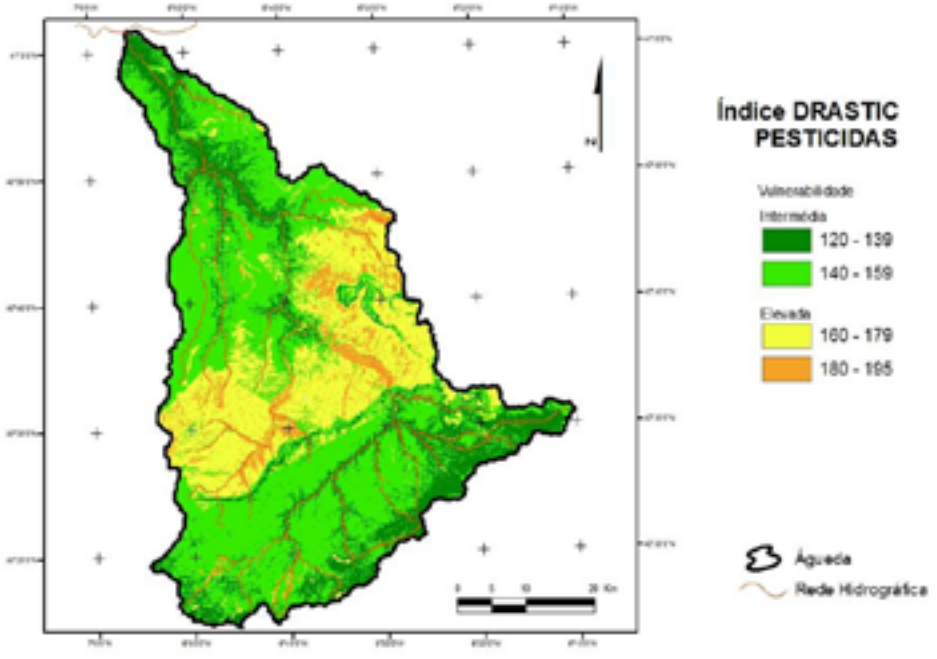
O IS, é uma adaptação do método DRASTIC, em que são eliminados os parâmetros S, I e C e inserido o parâmetro Uso do Solo, sendo classificado de 1 (menor vulnerabilidade) a 100% (elevada vulnerabilidade). Em síntese, e da intersecção dos mapas representativos das diferentes classes dos atributos de cada parâmetro, é obtido um mapa de vulnerabilidade final (Fig. 1).

Os resultados obtidos com a aplicação do índice DRASTIC, mostram um predomínio de um índice de vulnerabilidade baixo (102 - 119), nas áreas a norte e sul da bacia. Na zona central da bacia, o índice de vulnerabilidade é classificado de intermédio (120 - 139); embora ocorram áreas de vulnerabilidade intermédia a elevada (140 – 159) (Figura 1a). De referir que a vulnerabilidade é considerada como extrema para o intervalo de 180 a 230. Esta zona de maior vulnerabilidade coincide com os materiais sedimentares do aquífero de Ciudad Rodrigo, podendo ser justificada tanto pelos materiais litológicos e sua permeabilidade, bem como, pela ocupação humana e actividades associadas aí desenvolvidas.

A aplicação do método DRASTIC pesticida, mostra que as zonas inicialmente de baixa vulnerabilidade, passam a ser classificadas como de vulnerabilidade intermédia (120 - 159); face às actividades humanas associadas às diversas explorações mineiras de Sn-W e U, com elevados teores de metais pesados, nomeadamente de arsénio, presentes nesta região. Na zona de Ciudad Rodrigo, e tendo em conta as numerosas explorações agrícolas existentes, por ser uma zona mais propícia a este tipo de actividade; a vulnerabilidade é elevada (160 - 195) (Figura 1b).

Na determinação IS, é abandonada a influência da vulnerabilidade intrínseca pura e considerada a da vulnerabilidade extrínseca; dependo do tipo de ocupação do solo. Na bacia hidrográfica do rio Águeda ocorrem áreas de vulnerabilidade extremamente baixa a muito baixa (IS < 40%) onde a ocupação é mais reduzida; enquanto na parte central da bacia, é moderada a elevada e elevada (IS = 60 a 80%) (Figura 1c).


Índice DRASTIC
Vulnerabilidade
Baixa
102 - 119
Intermédia
120 - 139
140 - 154
Águeda
Rede Hidrográfica


Índice DRASTIC
PESTICIDAS
Vulnerabilidade
Intermédia
120 - 139
140 - 159
Elevada
160 - 179
180 - 195
Águeda
Rede Hidrográfica

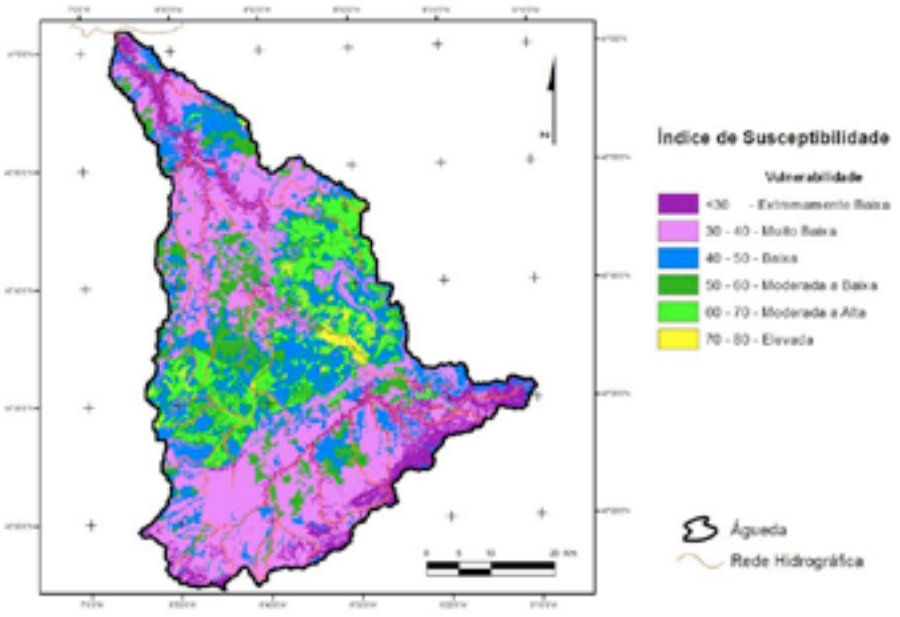


Figura 1. Cartografia de vulnerabilidade na Bacia do rio Águeda aplicando o método: a) DRASTIC; b) DRASTIC pesticida; c) Indice de susceptibilidade.

A bacia do Águeda apresenta clara heterogeneidade do ponto de vista das diferentes vulnerabilidades calculadas. A zona mais vulnerável é sem dúvida a área central coincidindo com o extenso aquífero do terciário e área urbana existente (Ciudad Rodrigo). A norte e a sul da bacia surgem áreas de vulnerabilidade moderada a elevada que merecem um estudo detalhado em trabalhos futuros. Poderão indiciar que as antigas explorações mineiras continuam a constituir um factor de risco ambiental.

Futuro trabalho de campo irá permitir um desenho de amostragem mais rigoroso e o trabalho de investigação subsequente permitirá explorar o impacto da utilização de distintas técnicas de krigagem no cálculo dos diferentes atributos, para toda a área de estudo.

Palavras chave: vulnerability; DRASTIC; DRASTIC pesticide; susceptibility index; Águeda river

Agradecimentos

Este trabalho é financiado pelo projecto POCTEP: Águeda - Caracterización ambiental y análisis de riesgos en cuencas transfronterizas: proyecto piloto en el río Agueda, desenvolvido pelo Instituto Politécnico de Castelo Branco (Portugal), Instituto de Recursos Naturais e Agro-Ambientais (Salamanca, Espanha) e Universidad Europea Miguel de Cervantes (Valladolid, Espanha).

Bibliografia

Antunes IMRH, Albuquerque MTD. 2013. Using indicator kriging for the evaluation of arsenic potential contamination in an abandoned mining area (Portugal). Science of the Total Environment 442, 545 - 552.

Albuquerque MTD, Sanz Gb, Oliveira SF, Martínez-Alegría R, Antunes IMHR. 2013. Águeda Watershed's spatio-temporal Vulnerability Assessment - a transboundary case study (submetido na Revista Enviornmental Pollution).

Albuquerque MTD, Sanz G, Oliveira SF, Martínez-Alegría R, Antunes IMHR. 2013 Spatio-Temporal Groundwater Vulnerability Assessment - A Coupled Remote Sensing and GIS Approach for Historical Land Cover Reconstruction, Water Resour Manage 27: 4509–4526.

DOI 10.1007/s11269-013-0422-0

Mota Pais MFA, Antunes IMHR, Albuquerque MTD. 2012. Aquifer system´s vulnerability for Fadagosa-Nisa´s catchment (Alentejo, Portugal) Using DRASTIC Index. In: Lopes FC, Andrade AI, Henriques MH, Quinta-Ferreira M, Barata MT. & Pena dos Reis R. (Coords). Para Conhecer a Terra. Memórias e Notícias de Geociências no Espaço Lusófono. Imprensa da Universidade de Coimbra, Cap. 6 (in press). ISBN: 978-989-26-0511-1; 978-989-26-0534-0.

Mota Pais MA, Antunes IMRH, Albuquerque MTD. 2012. Vulnerability mapping in a thermal zone, Portugal - a study based on DRASTIC index and GIS. In: Gensel J, Josselin D, Vandenbroucke D. (Eds). Multidisciplinary Research on Geographical Information in Europe and Beyond Proceedings of the AGILE'2012 International Conference on Geographic Information Science, France. ISBN: 978-90-816960-0-5.

O processo de conceção do produto turístico integrado como metodologia de diagnóstico exploratório num destino turístico – perspetiva da oferta

The process of integrated tourist product design as an exploratory diagnosis methodology of tourist destination – – a perspective of supply

Luis Almeida[1]
fernandoalmeida@gifapen.pt

Abstract

A theoretical model of tourist destination, namely its organization based on Integrated Tourist Products (ITP), the interest in defining themes guiding the activities of their respective ITPs, the advantages presented by the establishment of a network of partnerships related to ITPs and the need

[1] docente da ESACB de 1987 a 1992.

to establish a set of indicators, show the importance of developing a methodology of ITPs conception and subsequent exploratory data collection, based on ISO 9001:2008 and 14001:2004.

The process of ITP conception and procedures, with work instructions, use integrated methodologies for diagnosis and for document drafting: 'Initial characterization of the tourist destination' and 'Classification of tourist attractions', including attraction already in operation and potential attraction.

The information from these records, complemented with theoretical information available, enables the 'design' of ITPs into a perspective of tourism supply. Therefore, its strategic development and its regular operation is framed by an Integrated Management System, based on rules of sustainability, quality and governance.
Keywords: Integrated Tourist Product; tourist destination, conception process, procedures, exploratory diagnosis.

Resumo

O presente trabalho pretende propor uma metodologia de diagnóstico exploratório, baseado nos contributos necessários (inputs) ao desenvolvimento do processo de Conceção dos Produtos Turísticos Integrados (PTI) e dos procedimentos relacionados.

Os objetivos de desenvolvimento de uma metodologia de conceção do PTI, com base nos recursos existentes nos destinos turísticos e de realização de um diagnóstico exploratório das respetivas caraterísticas, baseiam-se (inputs) na inventariação e classificação dos recursos relevantes para a atividade turística do destino.

O conhecimento das opções organizacionais do destino turístico, no âmbito do diagnóstico exploratório, é condição fundamental à sua adaptação ao modelo de Destino Turístico como suporte geográfico de Produtos Turísticos Integrados.

O quadro teórico de referência desenvolve-se a partir dos conceitos desenvolvidos por Ritchie, J.R.B. e Croutch, G.I. (2003) na importância das atrações na motivação à visita; Inskeep, E. (1991) e Bercial, R.A. (2008) para os aspetos relacionados com a avaliação ponderada dos recursos/classificação; Manente, M. e Minghetti, V. (2006) no que se refere aos aspetos relacionados com o Produto turístico integrado; Dwyer, L. et al. (2009), Mossberg, L. (2007) e Gilmore and Pine (2002) na abordagem à relevância

da introdução de um tema ou história na conceção do Produto turístico; Getz, D. (2008) na defesa da importância dos eventos no reforço e divulgação do Produto turístico; Richards, G. and Wilson, J. (2006) no que se refere às atividades turísticas criativa e à co-criação.

Na metodologia de conceção do PTI proposta está integrada a inventariação e classificação dos recursos/atrações.

A inventariação dos recursos, tal como as sugestões de partida para a definição do "Tema" de cada PTI são obtidas a partir das empresas e outras entidades turísticas (questionário de administração direta). Definidos os elementos de dimensão estratégica (Atrações Principais e Tema) e combinando-os com outros elementos do Destino Turístico como: Estrutura Organizacional (previamente definida); Elementos caracterizadores (ex. topografia e clima, população residente, características socioeconómicas, etc); Outros recursos e competências (ex. recursos financeiros, recursos humanos, etc.), ficam criadas as condições para a conceção do PTI.

Após a inventariação, a classificação dos recursos com base na "Ficha de classificação das atrações turísticas", procede-se à classificação das atrações, usando a escala proposta por Abellan, F.C. e González, F.C. (2005) que propõe ponderação para os diferentes aspetos, aos quais foram acrescentados aspetos relacionados com Impactes Socioculturais e Atividades Criativas Turísticas. As dimensões em análise na ficha referida são três:

- Características intrínsecas do recurso que integra os aspetos: localização, singularidade, estado de conservação, fragilidade na sustentabilidade.
- Características do recurso em relação ao uso turístico que integra: relevância regional/nacional, relevância internacional, acessibilidade/sinalética, capacidade de uso turístico.
- Capacidade de influência do recurso nas estratégias de desenvolvimento do Produto/Destino complexo e diversificado, respeitante aos aspetos: capacidade de uso turístico, necessidade de investimento, viabilidade económica da exploração, coerência com os Produtos Turísticos Globais, proximidade e coerência com outras atrações ou centro urbano, existência ou viabilidade de eventos relacionados e existência ou viabilidade de atividades criativas relacionadas.

A classificação dos recursos proposta, além de evidenciar a importância relativa de cada recurso para o turismo, tem potencial para evidenciar, entre outros aspetos, necessidades de investimento no respetivo recurso.

Na perspetiva apresentada, a conceção do Produto turístico integrado

(PTI) exige informação sobre os aspetos seguintes, que integram a informação do diagnóstico exploratório:

- Atrações turísticas (centro do processo de conceção);
- Tema ou história (reforço indutor às atividades a experimentar);
- Meio envolvente (ambiental, económico e sociocultural);
- Serviços prestados (parceiros);
- Atividades turísticas criativas (parceiros);
- Eventos (integrados nos PTI's).

Como consequência do diagnóstico exploratório, consideram-se como passos necessários à conceção dos Produtos turísticos integrados os referidos na figura 1.

Figura 1 – Passos da conceção dos Produtos turísticos integrados (PTI)

Como conclusão do apresentado, considera-se que Produto turístico integrado (PTI) obtido emerge de uma atração turística principal (inventariada e classificada), adotando um tema, cuja imagem e divulgação é potenciada por eventos. O mesmo PTI pode integrar Produtos turísticos específicos complementares baseados em atrações de menor potencial, sendo as "Atividades turísticas criativas" entendidas. O design do PTI, integrando todas as prestações de serviço relacionados, deve ter uma perspetiva de cadeia de valor, integradora dos vários subsetores e facilitadora da gestão de performances.

Palavras chave: Destino turístico, Diagnóstico exploratório, Processo de conceção, Produto turístico integrado

Bibliografia

Bercial, R.A., 2008. Metodologia básica para la evaluación ponderada de los recursos patrimoniales en su processo hacia la conversión en produtos turísticos. In Turismo rural y desarrollo local. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha. Sevilla-Cuenca. 229-239.

Bercial, R.A. and Timon, D.A.B., 2005. Nuevas tendências en el desarrollo de destinos turísticos: Marcos conceptuales y operativos para su planificación y gestión. Cuadernos de Turismo, 15. 27-43.

Dwier, L., Edwards, D., Mistilis, N., Roman, C., Scott, N., 2009. Destination and enterprise management for a tourism future. Tourism Management, 30, 63-74.

Getz, D., 2008. Event tourism: Definition, evolution and research. Tourism Management, 29, 403-428.

Inskeep, E., 1991, Tourism Planning – An integrated and sustainable development approach. John Wiley & Sons, Inc.. Nova Iorque.

Manente, M. and Minghetti, V., 2006. Destination management organizations and actors, Dimitrios Buhalis and Carlos Costa, Tourism business frontiers – consumers, products and industry. Ed Elsevier, 228-237. Oxford.

Mossberg, L., 2007. A Marketing Approach to the Tourist Experience. Scandinavian Journal of Hospitality and Tourism 7, 59-74.

Ritchie, J.R.B. and Crouch, G.I. (2003) The competitive Destination – A sustainable tourism perspective, Cambridge, CABI Publishing.

Erosão hídrica dos solos – factor de desertificação física e humana

Water soil erosion - factor of physical and human desertification

António Canatário Duarte
Instituto Politécnico de Castelo Branco, Escola Superior Agrária. Castelo Branco, Portugal
acduarte @ipcb.pt

Abstrat

Water erosion, with the consequent soil loss, represents a cost to agriculture as it means loss of productive land, nutrients and organic matter as well as environmental degradation of water resources downstream. This cycle of unsustainability will lead to physical desertification of places accompanied by human desertification. It is essential to understand the process, the influence of each factor on which it depends, for the adoption of

more effective actions for its prevention. This study has taken place in a small watershed (190 ha), located in the Idanha-a-Nova county, where a suitable experimental device was installed. The randomness of the Mediterranean climate can determine years with higher volumes of precipitation that correspond to more erosive events, and drier years with the occurrence of fewer erosive events, but with expanded erosive potential in some of them. In this analysis we conclude there is a strong protective effect of vegetation by comparing the sediment concentration in water in two erosion events, corresponding to quite different covering conditions in the basin. Runoff will be more or less powered, depending on other factors that influence the erosive process, namely, vegetation, soil, topography, and agricultural practices.
Keywords: Water erosion, soils, physic desertification, human desertification, Mediterranean climate.

Resumo

A actividade humana, ancestralmente no exercício da actividade agrícola e atualmente no exercício de outras atividades, faz-se, normalmente, degradando os recursos que usa. A situação torna-se especialmente preocupante no caso dos recursos naturais não renováveis, ou renováveis a longo prazo, como é o caso dos solos. A intensificação da actividade agrícola e o surgimento de outras atividades degradativas, a não observância pelo uso adequado do solo, e ausência de práticas da sua conservação, conduz os sistemas a um equilíbrio instável, relacionado com o conceito de erosão acelerada. Torna-se imperioso não degradar mais do que a capacidade de renovação deste recurso natural (tolerância anual de perda de solo), ou, por outras palavras, usar de forma sustentável o solo. A erosão hídrica, com a consequente perda de solo, representa assim um custo para a agricultura, já que significa perda de terra produtiva, nutrientes e matéria orgânica, iludida pelo aumento progressivo de fertilizantes que oneram o agricultor para manter uma determinada capacidade produtiva do solo (FAO, 1994). Ainda assim, esta trajetória será incapaz de assegurar a sustentabilidade do ecossistema agrícola e a manutenção da actividade de forma economicamente viável. Este ciclo de insustentabilidade levará, a prazo, a uma desertificação física dos lugares acompanhada de uma desertificação das comunidades rurais cuja vivência, e muitas vezes sobrevivência, assentam na actividade agrícola. nos países sujeitos ao clima do tipo mediterrânico, devido princi-

palmente ao largo período estival, quente e seco, que dificulta a manutenção de uma cobertura vegetal permanente sobre o solo, e a ocorrência de chuvas no final do Verão e durante o Outono com grande potencial erosivo.

Uma grande parte do território nacional está sob a ameaça de perda elevada de solo por erosão hídrica, ocasionada por razões diversas nas diferentes zonas do país. Assim, na região a norte do país o factor que de forma decisiva condiciona o índice de perda de solo é a topografia, apesar da vegetação garantir uma boa cobertura do solo. Na região sul do território nacional, a fraca resistência dos solos ao processo de erosão hídrica, entre outras razões pelo baixo teor de matéria orgânica, e a escassa cobertura vegetal dos solos, são os fatores que mais podem influenciar a perda de solo. O cruzamento da informação relativa à suscetibilidade dos solos à erosão hídrica, com a informação do Índice de seca e Índice de aridez, permite obter uma nova carta de Índice de desertificação física do território nacional (Pimenta et al., 1997) (Figura 1). Podemos ver que grande parte das áreas com suscetibilidade elevada à erosão hídrica se sobrepõe às áreas com um risco elevado de desertificação, configurando aquele processo como um factor importante no processo de desertificação do país. A introdução nesta abordagem de indicadores sociais e económicos, tal como tem vindo a ser proposto por vários foros e autores ligados às questões da desertificação, permite evidenciar também o risco de desertificação humana dos lugares.

Os fatores que afetam o processo de erosão hídrica do solo são o clima, solo, topografia e vegetação. Destes fatores, a vegetação, as características do solo e a topografia do terreno, podem ser mais ou menos condicionados pela actividade humana; a vegetação é o factor que de forma mais fácil poderá ser condicionado. Neste contexto, a actividade humana, no desenvolvimento da atividade agrícola e de outras atividades, constitui-se também como um dos fatores que influenciam o processo.

Nas regiões com as características edafo-climáticas da generalidade do território nacional, é decisivo para o uso sustentável do solo o controlo da erosão hídrica, e mais ainda será num quadro de alterações climáticas, que, entre outros cenários, prevê o aumento de fenómenos extremos. Entre estes fenómenos aqueles autores destacam o aumento da frequência e intensidade de episódios de precipitação intensa, especialmente no Inverno, aumentando o risco de fenómenos intensos de erosão hídrica. É igualmente expectável o aumento da frequência e intensidade das vagas de calor estivais e o risco de secas associadas. Este cenário, conjugado com o aumento de erosão dos solos, representa um agravamento das condições favoráveis à

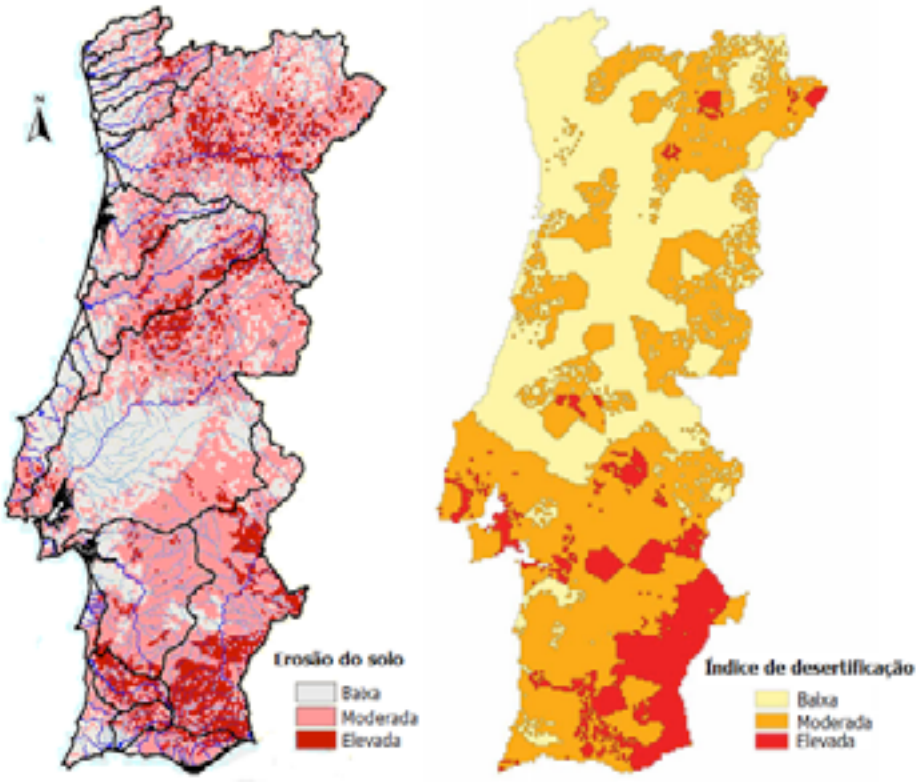


Figura 1: Índice de perda de solo para Portugal continental, integrando o índice de erosividade da chuva, erodibilidade dos solos, cubertura vegetal e topografia, e Índice de desertificação, integrando o Índice de seca e Índice climático (Pimenta et al., 1997).

desertificação física e humana de muitas zonas do território nacional.

A erosão, como processo natural, não é possível anular-se completamente, sendo prudente manter a perda de solo compatível com a sua capacidade de regeneração natural, e assim travar a espiral de degradação física do solo e de desertificação humana das zonas afetadas. Com as práticas de conservação consegue-se, ao mesmo tempo, diminuir as perdas de nutrientes das parcelas agrícolas, e por consequência a contaminação do meio hídrico a jusante, bem como reduzir as taxas de sedimentação nos rios e albufeiras. São várias as medidas de mitigação do processo de erosão hídrica dos solos, e de instrumentos que ajudem à definição de estratégias sustentáveis do seu uso, que iremos desenvolver a seguir. Das medidas mais eficazes no controlo do processo, destacamos as relacionadas com as práticas culturais dos agricultores. Estas medidas, visando a sua aplicação ao nível das parcelas agrícolas, têm como objetivo principal evitar que se inicie o processo, e devem ser conjugadas com outras estratégias de intervenção. Adoptadas individualmente pelos agricultores, não requerem obras nem novos equipamentos,

mas antes uma mudança de atitude, como por exemplo a manutenção de uma cobertura vegetal nos meses mais críticos (Duarte et al., 2012). A Figura 2 ilustra a importância da vegetação, através da concentração de sedimentos em dois eventos de ponta registados em alturas distintas do ano.

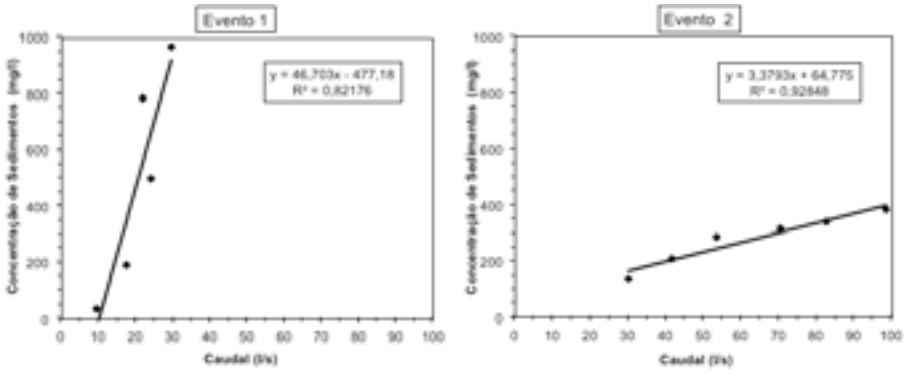


Figura 2 - Relação entre o caudal e a concentração de sedimentos no escoamento na secção de referência de uma bacia hidrográfica experimental, em dois eventos de ponta na estação de chuva de 2005/2006 (evento de ponta 1 – 22/10/2005; evento de ponta 2 – 15/01/2006) (Duarte, 2006).

Devemos destacar também a existência de campos experimentais de estudo e de bacias hidrográficas experimentais do processo erosivo, que têm como objetivo compreender melhor o processo para melhor atuar no seu controlo. Contribuindo de forma efetiva para a mitigação da erosão hídrica, os modelos de simulação, sendo uma simplificação da realidade, são instrumentos bastante úteis na definição de estratégias de conservação do solo (Duarte et al., 2007).

Razões de ordem edafo-climática, conjugadas com políticas nem sempre consentâneas com a salvaguarda do uso sustentável dos recursos naturais, determinam que grande parte do território nacional esteja sob o risco mais ou menos severo de erosão hídrica dos solos. Numa abordagem consequente desta questão devem ter lugar incentivos à implementação de medidas agroambientais que preservem os recursos, bem como políticas sensatas de ordenamento do território que invertam, ou que previnam, o processo de desertificação humana de algumas zonas do país. A conservação do solo e da água é apontada como uma das medidas estratégicas no Programa de Acção Nacional de Combate à Desertificação. De estudos levados a cabo numa bacia hidrográfica experimental, localizada no concelho de Idanha-a-Nova, têm sido apurados dados que permitem compreender a dinâmica do escoamento e do arrastamento de sedimentos àquela escala territorial, e que ajudam na prevenção dos riscos de erosão hídrica dos solos. A alea-

toriedade do clima mediterrânico, que se prevê acentuada num cenário de alterações climáticas, pode determinar anos com volumes de precipitação mais elevados a que correspondem maior número de eventos erosivos, e nos quais a curva acumulada da produção de sedimentos evoluirá com a mesma tendência da curva acumulada do escoamento. Contudo, apesar de nos anos mais secos ser previsível a ocorrência de menor número de eventos erosivos, alguns podem ter um potencial erosivo ampliado, como foi possível observar na bacia hidrográfica em consideração. A manutenção de uma cobertura vegetal no solo, sobretudo nos períodos de chuva mais críticos, é fundamental na prevenção do processo erosivo. Foi possível concluir nesta análise de dados sobre o enorme efeito protetor da vegetação ao compararmos a concentração de sedimentos no escoamento em dois eventos erosivos, correspondentes a condições de revestimento da bacia bastante diferentes. Pela natureza do processo, para ocorrer erosão hídrica é necessário que haja escoamento superficial; no entanto, a forma como se manifestam outros fatores, concretamente a vegetação, o solo, a topografia do terreno e as práticas culturais dos agricultores, determinará a forma como se manifesta o seu efeito no processo. Com a utilização do modelo AnnAGNPS é possível simular a distribuição espacial do escoamento e da taxa de produção de sedimentos, observando-se que não há uma correlação entre aqueles resultados exatamente porque a produção de escoamento superficial mais ou menos elevado, não é suficiente para provocar erosão hídrica de amplitude correspondente.

Palavras-chave: Erosão hídrica, solos, desertificação física, desertificação humana, clima mediterrânico.

Bibliografia

Duarte, A. C. et al. 2007. Erosão hídrica dos solos – Factor de desertificação física e humana. Revista EGITANEA SCIENCIA, Nº11, 117-143.

Duarte, A. C. et al. 2007. Application of the AnnAGNPS model to a small agricultural watershed, to analyze the spatial and temporal distribution of the pollutants and runoff. Proceedings of the 5th International Congress of the European Society for Soil Conservation, Palermo (Italy), 25-28 June.

Duarte, A. 2006. Contaminación difusa originada por la actividad agrícola de riego, a la escala de la cuenca hidrográfica. Tesis Doctoral, Universidad de Córdoba, Espanha.

FAO 1994. Introduction à la gestion conservatoire de l´eau, de la biomasse et de la fertilité des sols. R. Roose. Bulletin Pédologique de la FAO No. 70, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.

Pimenta, M. et al. 1997. A proposal of indices to identify desertification prone areas. Jornadas de refléxion sobre el Anexo IV de aplicación para el Mediterráneo Norte – Convenio de Lucha Contra la Desertificación, Murcia.

Agregados geopoliméricos artificiais para utilização no tratamento de águas residuais

Geopolymeric artificial aggregates for using in wastewater treatment

Isabel Castanheira e Silva
Instituto Politécnico de Castelo Branco, Escola Superior Agrária. Castelo Branco, Portugal
icastanheira@ipcb.pt

Abstract

Geopolymeric binders are artificial materials obtained by alkaline activation of alumino-silicate materials. Several geopolymeric artificial aggregates (AGA) were developed, using waste mud from Panasqueira's mines and the most stable in water was selected to be used as a fixed-film wastewater

treatment processes The AGA's physical and chemical properties have been analyzed and they were shown adequate for wastewater treatment processes. Following that, the AGA were put on a biological filter, that filtrates through submerged packed bed, in order to evaluate its efficiency in removing specific pollutants of urban residual waters. The artificial materials through alkaline activation of waste mud present itself as viable solution to compete with the traditionally used materials.
Keywords: Geopolymeric artificial aggregates, waste mud, wastewater treatment

Resumo

A água é um recurso natural imprescindível a qualquer forma de vida, desempenhando um papel fundamental no seu desenvolvimento e de todo o seu meio envolvente. É, assim, um elemento de primordial importância na regulação do funcionamento dos ecossistemas e fundamental para a qualidade do ambiente.

O clima e a eventual afluência de água, proveniente de bacias hidrográficas, são fatores determinantes na disponibilidade de recursos hídricos existentes numa região, sendo essa mesma disponibilidade variável ao longo do ano. As necessidades de água para a atividade humana também não são constantes e dependem do crescimento populacional, da crescente urbanização, do desenvolvimento industrial, agrícola e turístico. As limitações ao aproveitamento de alguns recursos hídricos decorrentes da degradação da qualidade das águas naturais, resultado do insuficiente controlo da poluição de origem antropogénica, acentuam os desequilíbrios entre a procura e a disponibilidade de água.

As políticas internacionais em matéria de prevenção da poluição da água e do solo, centram-se na busca de soluções que sejam eficientes e duráveis e que envolvam a minimização do impacte ambiental, diminuição do consumo de energia, redução da emissão de gases com efeito de estufa e proteção da saúde pública. As soluções mais recentemente preconizadas, envolvem o tratamento e reutilização de águas residuais e de resíduos, minimizando a sua descarga no ambiente, de preferência utilizando soluções sustentáveis e de baixo custo.

Na última década, Portugal registou um avanço notável na infraestruturação do sector de serviços de águas, com um aumento significativo no que respeita à população servida com redes de drenagem e com Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR).

Em áreas de baixa densidade populacional e com aglomerados abaixo

dos 5000 habitantes, os sistemas de tratamento têm privilegiado soluções como os leitos percoladores, biofiltros, leitos filtrantes e leitos de macrófitas, que em comum, apresentam a utilização de um meio de enchimento (sistemas de tratamento de filme-fixo ou por filtração). O meio de enchimento clássico contempla material natural (e.g. brita, seixo rolado, areão grosso ou areia), cuja superfície específica não é muito elevada e que tem apresentado problemas de colmatação. Existem no mercado material sintético (e.g. poliestireno e PEAD) e agregados artificiais (e.g. LECA), que constituem uma alternativa ao material natural. Embora estes materiais tenham conseguido prolongar a vida útil do enchimento e apresentem uma superfície específica muito elevada, têm custos muito elevados. Por outro lado, a elevada superfície específica do material pode levar à diminuição da dimensão das estruturas de tratamento, o que se traduz na diminuição dos custos de investimento. Para as entidades gestoras de serviços de saneamento (EG) interessa utilizar materiais de elevada superfície específica e durabilidade, e com um índice de vazios apropriado para minimizar a colmatação e que tenham baixo custo.

Nos sistemas de tratamento por filtração é comum ocorrer colmatação. Este fenómeno está associado à conjugação dos seguintes principais fatores: características da água residual, características do material de enchimento (diâmetro efetivo da partícula, capacidade de absorção de água, resistência à compressão, porosidade intrínseca, superfície específica e índice de vazios), crescimento excessivo de biomassa, acumulação de matéria sólida, formação de precipitados e desenvolvimento de rizomas e raízes (Tchobanoglous et al. (2002), Albuquerque (2003), Ha et al. (2010)). Assim, a procura de materiais de enchimento alternativos, que promovam condições para uma elevada remoção de poluentes e cuja produção envolva custos reduzidos, baixo consumo energético e reduzida emissão de gases de estufa, é um dos desafios para a investigação neste sector.

O desenvolvimento de novos materiais para meio de enchimento de sistemas de tratamento de águas, é uma área de investigação em grande desenvolvimento, se bem que, na maioria dos estudos encontrados, visa a utilização direta de novos zeólitos (naturais ou sintéticos) ou de subprodutos de atividades industriais e agrícolas. O Centro de Investigação C-MADE do Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura (DECA) da Universidade da Beira Interior (UBI) tem desenvolvido um material artificial, designado comummente por geopolímero, que resulta da ativação alcalina de lamas residuais das Minas da Panasqueira, para aplicações na construção (Pacheco-Torgal (2006)). Este material apresenta durabilidade elevada, elevada resis-

tência mecânica, boa resistência à abrasão e a soluções ácidas, assim como uma reduzida emissão de gases com efeito de estufa, pelo que parece apresentar características adequadas para ser usado em contacto com a água. A utilização de geopolímeros para o tratamento de efluentes, além de poder acrescentar inovação neste tipo de tecnologias, permitiria a preservação de materiais naturais e a reutilização e reciclagem de resíduos (lamas) sendo, no entanto, necessário avaliar o seu comportamento na água, e verificar se conduz a eficiências de remoção de poluentes, comparáveis com as verificadas em sistemas onde são utilizados materiais de enchimento convencionais.

Foram efetuados estudos com o objectivo de desenvolver os agregados geopoliméricos artificiais (AGA), avaliar a sua estabilidade em água ao longo do tempo e em diferentes condições de cura (Silva (2012a, 2012b)), estudar as suas propriedades físicas e químicas (Silva (2011a, 2011b)) e, ainda, avaliar a sua capacidade para a remoção de azoto, fósforo e matéria orgânica, poluentes típicos das água residuais urbanas, utilizando para o efeito um filtro biológico de fluxo vertical e descendente (Silva (2013)).

Parte deste trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto EVAWET (Avaliação do funcionamento hidrodinâmico e ambiental de leitos de macrófitas para tratamento e reutilização de águas residuais, PTDC/AMB/73081/2006), financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), desenvolvido no Laboratório de Saneamento Ambiental (LSA) DECA-UBI, que previa o desenvolvimento de AGA para utilização em leitos de macrófitas.

De forma a atingir os objectivos foi elaborado um plano experimental apresentado na tabela seguinte (Tabela 1).

Os materiais artificialmente produzidos por ativação alcalina, das lamas residuais de minas de volfrâmio, mostraram maior estabilidade em água quando curados a 20ºC (temperatura ambiente) durante um período mínimo de 28 dias. Estes apresentaram resistência mecânica à compressão, após períodos de imersão em água até 3 meses, superiores à resistência apresentada por outros agregados artificias (Silva (2012a, 2012b)), como é o caso da LECA, e ainda, boa resistência a soluções ácidas (Silva (2011a)). A caracterização física dos AGA mostra que a sua densidade, teor de absorção de água e superfície específica são adequados para o desenvolvimento de biofilme, sendo mesmo superiores aos de outros materiais utilizados para meio de enchimento, como a pozolana. O teste de durabilidade de Slake, que estuda o desgaste em meio húmido, classificou os AGA com durabilidade média-alta (Silva 2011b)).

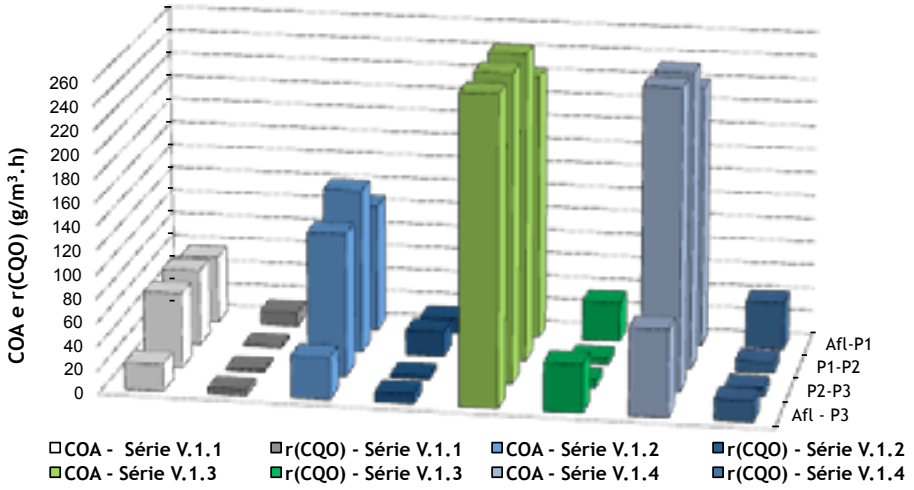
Tabela 1. Plano experimental e objetivos (Silva (2013))

Fases experimentais	Série de Ensaios	Objetivos
Desenvolvimento e caracterização do geopolímero		
I. Ensaios preliminares	1, 2	Produção de várias misturas geopoliméricas e seleção da mistura com a melhor estabilidade em água.
II. Ensaios de caracterização do material geopolimérico	1, 2, 3, 4, 5	Produção do AGA, determinação das suas características físicas e químicas e do seu comportamento em água em diferentes condições de cura e acidez.
Aplicação do geopolímero		
III. Ensaios de traçagem	1, 2	Avaliação das características hidrodinâmicas do filtro na presença e ausência de biomassa.
IV. Ensaios de sorção	1	Avaliação da capacidade de sorção dos AGA na presença de amónio, nitrato, nitrito e fósforo através de ensaios em coluna.
V. Ensaios de biodegradação	1, 2	Avaliação da capacidade dos AGA para a remoção microbiológica de matéria orgânica, amónio, nitrato e fósforo.

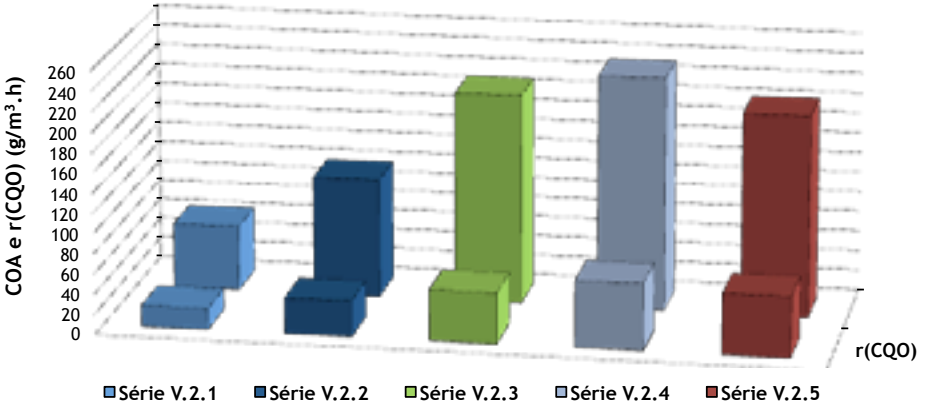
Os AGA utilizados no filtro permitiram, independentemente das condições de operação (em contínuo ou em descontínuo), a remoção de fósforo por sorção e a remoção simultânea de matéria orgânica, amónio (Figuras 1 e 2) e nitrato, através de mecanismos de biodegradação, a taxas e eficiências próximas das observadas em estudos similares realizados com diferentes agregados.

Independente da constituição da alimentação, nos ensaios de biodegradação em descontínuo (Figuras 1b e 2b) a remoção de matéria orgânica e amónio foi muito mais elevada do que nos ensaios em contínuo (Figuras 1a e 2a), o que estará relacionado com a ocorrência de um tempo de retenção muito superior e mais propício para a difusão de compostos para o interior do biofilme.

Os ensaios de traçagem detetaram a ocorrência de dispersão longitudi-

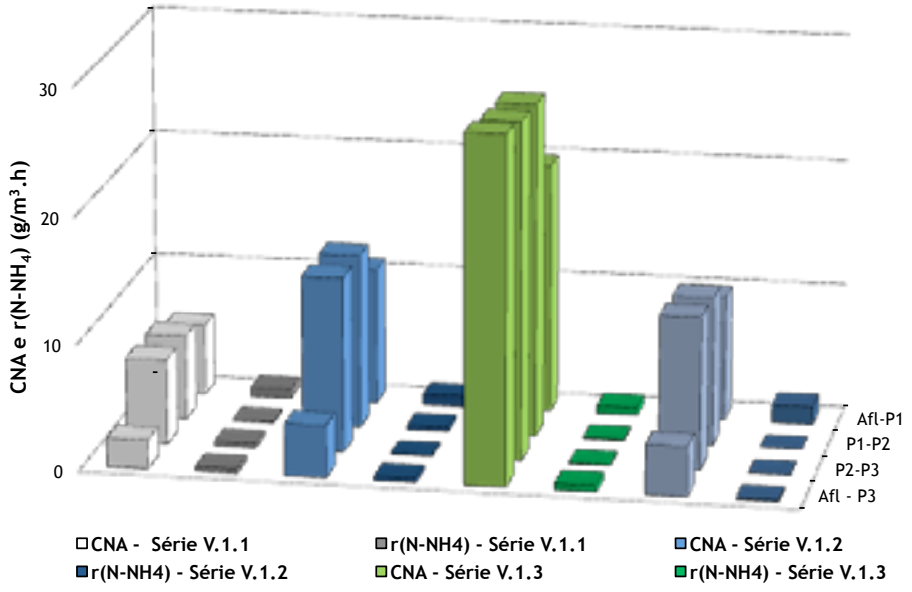


a) Ensaios em contínuo

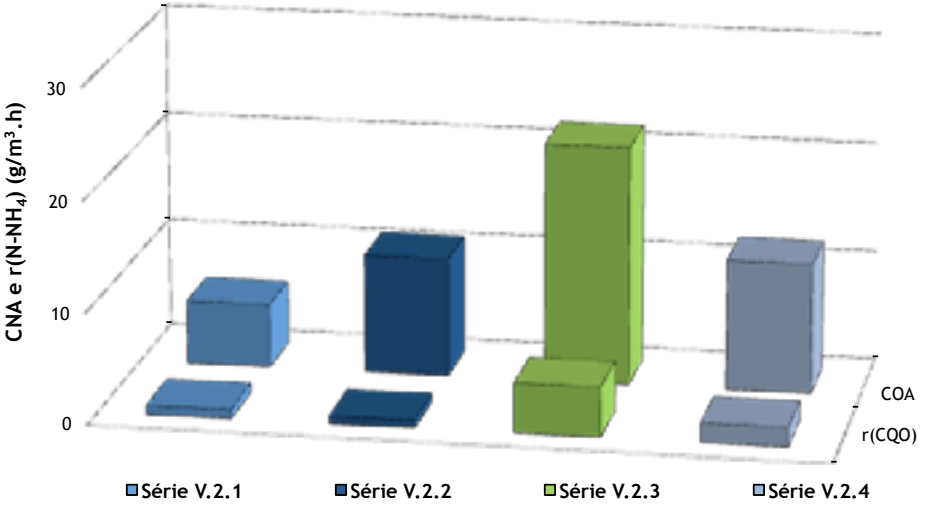


b) Ensaios em descontínuo

Figura 1 - Cargas orgânicas aplicada e removida de CQO (Silva (2013))



a) Ensaios em contínuo



b) Ensaios em descontínuo

Figura 2 - Cargas aplicada e removida de amónia (Silva (2013))

nal forte no filtro, que poderá prejudicar a remoção de compostos em alimentação contínua, se o tempo de retenção hidráulico for baixo, bem como a retenção de soluto na parte superior do filtro, o que poderá ser positivo para a remoção de compostos.

O desenvolvimento de materiais artificiais por ativação alcalina de lamas residuais para utilização como meio de enchimento de sistemas de tratamento por filtração, apresenta-se assim como uma solução viável para competir com os materiais tradicionalmente utilizados (Silva (2013)).

Bibliografia

Albuquerque, A. 2003. Contribuição para o estudo da remoção de residuais de carbono em filtros biológicos de leito imerso e fluxo descendente. Tese de Doutoramento, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 469.

Ha, J., Ong, S., Surampalli, R. 2010. Impact of media type and various operating parameters on nitrification in polishing biological aerated filters. Environ. Eng. Res., 15(2), 79-84.

Pacheco-Torgal, F. 2006. Desenvolvimento de Ligantes Obtidos por Ativação Alcalina de Lamas Residuais das Minas da Panasqueira. Tese de Doutoramento, Universidade da Beira Interior, Covilhã.

Silva I., Castro-Gomes J. e Albuquerque A. 2011a. Effect of acid conditions on the structural stability of mine waste mud-based geopolymeric artificial aggregates for wastewater treatment. Proceedings of 4th International Congress on Energy and Environment Engineering and Management (4 th CIIEM), 25 a 27 de Maio de 2011, Mérida, Espanha, 4 pp (editado em CD-Rom)

Silva I., Castro-Gomes J., Albuquerque A. 2011b. Properties of Geopolymeric Artificial Aggregates obtained from Tungsten Mine Waste Mud, for Wastewater Treatment Processes. Proceedings of COST Action C25 FINAL CONFERENCE Sustainability of Constructions Integrated Approach to Life-time Structural Engineering, 03rd – 05th FEBRUARY 2011, University of Innsbruck, Austria.

Silva I., Castro-Gomes J. and Albuquerque A. 2012a. Mineral wastes geopolymeric artificial aggregates as alternative materials for wastewater-treatment processes - Study of structural stability and pH variation in water. Journal of Materials in Civil Engineering, V. 24, Nº 6, 623-628.

Silva I., Castro-Gomes J. and Albuquerque A. 2012b. Effect of immersion in water partially alkali--activated materials obtained of tungsten mine waste mud. Construction and Building Materials, V. 35, 117-124.

Silva I. 2013. Desenvolvimento de Agregados Artificiais por Ativação Alcalina de Lamas Residuais para Utilização no Tratamento de Águas Residuais Tese de Doutoramento, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 211

Tchobanoglous, G., Burton, F., Stensel, H. 2002. Wastewater engineering. Treatment and reuse. McGraw Hill, 1819.

Viabilidade da cultura do sorgo sacarino na produção de bioetanol em Portugal

Alternative energy production in agriculture - feasibility of bioethanol production from sweet sorghum in Portugal

José Sarreira Tomás Monteiro
Instituto Politécnico de Castelo Branco, Escola Superior Agrária. Castelo Branco, Portugal
jsmonteiro@ipcb.pt

Abstract

The issue of energy availability has been at the center of attention of mankind since a long time now. Since today's society depends heavily on petroleum products, which may disappear in the medium term, alternative energy sources should be considered and studied, especially if they have a renewable nature.

In Portugal, the relevance of liquid fuels consumption has been growing in recent decades and, therefore, biofuels are likely to have relative importance in the country's future. Moreover, stimulation of biomass production by the agricultural sector, with the purpose of this being used as an energy

source, may constitute a remarkable contribution to this sector of the Portuguese economy.

Sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) is one of the most versatile agricultural species available for biomass production, particularly with regard to its sugar content and the potential for ethanol production at reduced cost.

The conference presented here is dedicated to promote a study on the feasibility of cultivation and processing of sweet sorghum in the Beira Interior region of Portugal, and in particular for the production of biofuels .

From the results obtained so far, it can be considered that this crop may have a potential contribution to the production of different forms of energy and to restore the regional agricultural sector of the economy.
Keywords: sweet sorghum, biofuels, regional agriculture, rural development.

Resumo

O tema da disponibilidade da energia tem estado no centro das atenções da Humanidade desde há bastante tempo. Uma vez que a sociedade de hoje depende muito dos produtos derivados do petróleo, que podem desaparecer a médio prazo, fontes alternativas de energia deverão ser estudadas, sobretudo se tiverem carácter renovável.

Em Portugal, a relevância do consumo dos combustíveis líquidos tem vindo a crescer de forma muito significativa desde os anos 60 do século passado. Apesar de alguma quebra no seu uso na última década, tal realidade foi criando espaço para que os biocombustíveis líquidos possam vir a ter relativa importância no futuro energético do país. Por outro lado, o estímulo da produção de biomassa pelo sector agrícola, com a finalidade de ser utilizada como fonte de energia, pode constituir um assinalável contributo para este sector da Economia Portuguesa.

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é uma das mais versáteis espécies agrícolas disponíveis para produção de biomassa, que tem sido utilizada desde há muitas centenas de anos numa grande variedade de países, especialmente no continente africano, de onde é originária, mas também nas Américas e na Ásia. Esta planta tem sido explorada essencialmente pelos seus grãos, utilizados sob a forma de farinha para a produção de diversos bens alimentares, tais como pão (ou produtos similares), mas também com fonte de amido usado na produção de diversas bebidas alcoólicas fermentadas. Os subprodutos da cultura são também em regra valorizados, por exemplo como alimento para ruminantes.

A mesma planta tem vindo a ser cultivada também nos Estados Unidos da América, desde o século XVII, mas neste caso com outra finalidade: a de se aproveitarem os açúcares acumulados no sumo dos caules da planta, nomeadamente sob a forma de xarope ou sumo concentrado em alguns estados do Sul e Sudeste do país. Estas cultivares assim exploradas, muitas vezes híbridas, tomam de resto designação própria, a de sorgo sacarino, embora na sua essência se trate de material vegetal estreitamente aparentado com o sorgo e que, portanto, recebe a mesma designação científica de *Sorghum bicolor* (L.) Moench.

Desde há algumas décadas que os açúcares acumulados nos caules do sorgo sacarino passaram a ser estudados no sentido da sua utilização pela indústria do álcool etílico de fermentação, seja este utilizado para fins industriais (e.g. solvente), no fabrico de bebidas alcoólicas ou, mais recentemente, como substituo ou aditivo de combustíveis. O interesse desta cultura é tanto mais valorizado quanto dados experimentais demonstram que se trata de uma espécie pouco exigente em termos fertilizantes, água de rega e energia.

De fato, o sorgo sacarino revela uma série de usos potenciais que, se combinados de forma acertada, podem tornar possível a utilização desta planta como matéria-prima para uma série de produtos comerciais complementares. Por outro lado, isto pode ser atingido com um desempenho muito interessante em termos de emissões de Gases com Efeito de estufa.

A conferência apresenta na Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Castelo Branco a 9 de outubro de 2013 foi dedicada à divulgação dos resultados de um estudo sobre a viabilidade do cultivo e transformação do sorgo sacarino na região da Beira Interior de Portugal, nomeadamente para produção de biocombustíveis.

No estudo em causa foram utilizadas diferentes cultivares de sorgo sacarino (de origem estrangeira, nomeadamente da Índia, da Austrália e da Alemanha, entre outras) e distintas densidades de sementeira (tentando povoamentos reais de 90.000 a 120.000 plantas por hectare), cultivadas em várias localizações – concelhos de Castelo Branco, Idanha-a-Nova e Vila Velha de Ródão, sempre em condições de regadio.

Pelos resultados obtidos, com rendimentos da cultura a superarem regularmente as 70 toneladas de matéria-verde por hectare (com casos pontuais a ultrapassar mesmo as 90 t/ha) e com doçuras médias da ordem dos 17-18º Brix, pode considerar-se esta cultura como um potencial contributo para a produção de diferentes formas de energia e para a restauração do sector agrícola da economia a nível regional

Pelos resultados obtidos, a viabilidade de utilizar a cultura do sorgo sacarino como matéria-prima numa unidade de produção multifacetada (biorefinaria) de média dimensão parece admissível para países como Portugal, nomeadamente com o objetivo de contribuir para a redução da fatura energética nacional e – não menos importante – também com o sentido de promover o desenvolvimento rural em regiões onde alguma água de rega esteja disponível. Acrescem um conjunto de outras vantagens, de ordem ambiental e social, que de forma alguma são de menosprezar.

Palavras-chave: sorgo sacarino, biocombustíveis, agricultura regional, desenvolvimento rural.

Bibliografia

G. Grassi. 2006. Low cost production of Bioethanol from sweet sorghum. Brussels.

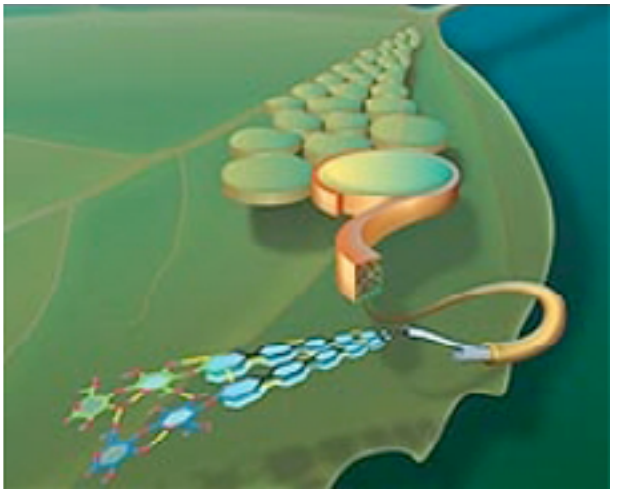
Köppen et al. 2009. Assessment of energy and greenhouse gas inventories of Sweet Sorghum for first and second generation bioethanol. Rome.

Sancho-Redondo, J. 2007. Ensayo de nuevas variedades de sorgo dulce [*Sorghum bicolor* (L.) Moech] en las condiciones de Beira Interior, Portugal. ESA/IPCB, Castelo Branco.

Avaliação do potencial de produção de etanol de 2.ª geração a partir dos resíduos das podas do olival

Evaluation of the potential production of 2.nd generation ethanol from waste pruning of the olive grove

Pedro N.[1], Duarte A.[2]
Instituto Politécnico de Castelo Branco, Escola Superior Agrária. Castelo Branco, Portugal
npedro@ipcb.pt



Abstract

Waste from pruning of olive grove is a largely agricultural residue available in Portugal. It is estimated that the quantity of material produced annually in the olive pruning may amount to 290 000 tons per year. This material without any commercial use, up to present, can be used as a raw material for the production of second generation ethanol. This process requires the completion of three sequential steps: pretreatment, enzymatic hydrolysis and fermentation.

[1]ESA -IPCB – Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Castelo Branco
[2]CICS-UBI - Health Sciences Research Centre, University of Beira Interior

The aim of this study is to evaluate the potential production of second generation ethanol based on the release of sugars resulting from different pretreatments and subsequent enzymatic hydrolysis. In this work, 4 pretreatments were tested: 1) with dilute sulfuric acid [temperature: 60 to 180 ºC, time: 30 to 120 minutes and H_2SO_4 concentration: 0,50 to 5,00% (w/w)], 2) with sodium hydroxide [temperature: 40 to 140 °C, time: 20 to 120 minutes and NaOH concentration: 0.31 to 61.9 % (w/w)], 3) with sodium hydroxide and hydrogen peroxide [time:45 minutes, temperature: 40 to 140 °C, NaOH concentration: 0.31 to 6.19% (w / w) and H_2O_2 concentration: 0.31 to 6.19% (w/w)] and 4) with ammonia [temperature: 50 to 100 º C, time: 1 to 8 hours and NH_3 concentration: 1.00 to 15.00% (w/w)].

Enzymatic hydrolysis experiments on pretreated solid fraction were performed at 5% (w/v) solid concentration in 50 mM citrate buffer with pH 4.8 and a BSA concentration of 60 mg/g dry biomass. The reaction mixture was incubated at 50ºC for 174h in an orbital shaker with agitation at 150 rpm. Three commercial enzyme preparations from Novozymes (Denmark), NS22086 (cellulase complex – 148FPU/ml), NS22118 (b-glucosidase - 426 p-NPGU/ml) and NS22083 (Xylanase – 7498 IU/ml), were used in enzymatic hydrolysis. Two enzyme concentrations were tested: 6FPU enzyme/g of substrate, 18 p-NPGU/g of substrate, 18 IU/g substrate and 18FPU/g of substrate, 36 p-NPGU/g of substrate, 36 IU/g of substrate.

Total carbohydrate content of the initial biomass was 51.25%, in which glucose was the major constituent with 33.59%. Contents of lignin and extractable found in biomass were 24.96% and 15.84%, respectively.

The pre-treatment carried out with sulfuric acid with a H_2SO_4 concentration of 4.09% (w/w) for 102 minutes at a temperature of 156 °C, performed with 18FPU/g of substrate, 36 p-NPGU/g substrate and 36 IU/g of substrate, has presented a enzymatic hydrolysis yield of 84%. In these conditions, 90% of sugars were available for fermentation, corresponding this value to the sum of the sugars released into the hydrolyzate during the pre-treatment with the sugars released during enzymatic hydrolysis.

Keywords: Pruning of olive groves, 2nd generation ethanol, pretreatment, enzymatic hydrolysis

Resumo

As fontes de energia renováveis caracterizam-se, em termos gerais, pela sua disponibilidade descentralizada, por apresentarem uma capacidade de se auto-regenerarem em curtos períodos de tempo e pelos reduzidos im-

pactes ambientais decorrentes da sua utilização. A procura pelos recursos energéticos endógenos poderá dar um importante contributo para a redução do consumo de energia fóssil, com reflexos directos sobre os preocupantes impactes ambientais a si associados, permitindo assim, a melhoria da qualidade do ar, da saúde das populações, bem como, a redução/controlo da importante e crescente poluição industrial e urbana, com respectivas implicações para o aquecimento global. A promoção das energias renováveis permite, para além da redução da dependência energética também a diversificação geográfica da energia primária, ou seja, a possibilidade desta ser produzida numa geografia mais alargada (redução da dependência estratégica). Neste último ponto é usual ouvir falar de produção de energia descentralizada, quer isto dizer que a sua produção é realizada de acordo com a distribuição do recurso, gerando por isso, um desenvolvimento alargado a todo o território, e não apenas às regiões mais industrializadas. Este facto pode assim, tornar esta energia determinante na promoção da economia e na criação de emprego em regiões rurais.

Em 2011 o sector dos transportes representava em Portugal 35,8 % do consumo final de energia (DGEG, 2013). Esta importante percentagem é partilhada pela maioria das sociedades desenvolvidas criando uma dependência energética com consequências ambientais difíceis de contornar. Actualmente, os EUA e o Brasil são os maiores produtores de bioetanol utilizando respectivamente para a sua produção Milho e Cana-de-açúcar (OECD-FAO, 2011). Sem surpresas, a crescente procura energética e em particular de biocombustíveis exigirá no futuro um acréscimo exponencial nas quantidades de matéria primas requeridas, provocando um grande desequilíbrio no mercado alimentar, seja por substituição do destino do produto (cereais), seja pela conversão de terras de criação de gado em plantações de Cana-de-Açúcar. Eticamente não é aceitável a utilização de alimentos para a produção de combustíveis para os transportes, em detrimento da alimentação humana e animal. Com vista a corrigir esta situação, a União Europeia a partir de 2006 faz a distinção entre bioetanol de primeira geração, como aquele onde a matéria-prima provém do sector alimentar, e o bioetanol de segunda geração, aquele que se obtém utilizando matérias-primas que não provêm desse sector (UE, 2006). Todavia, os processos de obtenção de bioetanol de segunda geração são mais complexos envolvendo tecnologias e processos em desenvolvimento, sendo no presente, mais onerosa a sua produção. No entanto, os avanços que se esperam obter em termos laboratoriais sugerem que num futuro próximo a produção de biocombustíveis de segunda geração possa ser competitiva.

A produção de etanol por métodos bioquímicos baseia-se na aplicação de um conjunto de processos de extracção, separação e de conversão biológica dos componentes elementares da biomassa como meio de produzir biocombustíveis, bioprodutos e bioenergia. Os processos utilizados na plataforma bioquímica têm o objectivo de extrair os açúcares simples existentes nos componentes principais dos materiais lenhocelulósicos (celulose, hemiceluloses e lenhina) através da quebra das estruturas polimerizadas da celulose e da hemicelulose seguida do posterior processo fermentativo, no qual através da acção de alguns microorganismos o açúcar é convertido em etanol (Figura 1).

Figura 1 – Etapas na produção de etanol de 2ª geração
(Fonte: Oak Ridge National Laboratory, 2013)

Como os açúcares nos materiais lenocelulósicos não se encontram acessíveis ao tratamento enzimático, é necessária a realização prévia de um pré-tratamento, podendo este ser efectuado por métodos químicos, térmicos ou biológicos (Pu et al., 2008). A escolha do método de pré-tratamento, bem como a severidade dos factores utilizados, deve ser realizada tendo em conta que os materiais lenhocelulósicos apresentam diferenças significativas na sua constituição e estrutura. Estas diferenças fazem-se sentir nas diferentes

partes da planta (tronco, ramos e folhas) variando também, dentro destas, em função da idade, do estádio de desenvolvimento e de outras condições (Kumar et al., 2009). Se o pré-tratamento não for suficientemente severo o resíduo sólido resultante não será facilmente hidrolisado enzimaticamente, se porventura for demasiado severo conduzirá a formação de produtos de degradação que inibirão os microorganismos fermentativos (Balat, 2011; Mosier et al., 2005). Após o pré-tratamento, na etapa de hidrólise enzimática a quebra das estruturas polimerizadas da celulose e hemicelulose passa a ser realizada por intermédio de carbohidrolases, convertendo-se aquelas moléculas em açúcares simples passíveis de serem digeridos pelos organismos fermentativos (Gupta, 2008; Jørgensen et al., 2007).

Na etapa de fermentação são por norma utilizadas leveduras, geneticamente modificadas, de forma a aumentar a quantidade de hidratos de carbono que são convertidos em etanol (Hahn-Hägerdal et al., 2007).

A produção de etanol a partir da utilização dos resíduos das podas do olival permitirá valorizar um resíduo agrícola, comum nos países da orla da bacia do mediterrâneo, sem qualquer utilização comercial, numa matéria-prima passível de ser utilizada na produção de etanol de 2ª geração. A viabilidade prática dos projectos de produção de etanol a partir de material lenhocelulósico pode ainda ser melhorada se, para além do etanol, existir o aproveitamento dos compostos intermédios que são gerados na sua produção aplicando um conceito de biorrefinaria.

O objectivo principal deste trabalho consistiu em analisar o potencial de produção de etanol de 2ª geração a partir dos resíduos das podas do olival (O1). Esse potencial foi avaliado com base na libertação de açúcares disponíveis para fermentação resultantes de diferentes pré-tratamentos e da hidrólise enzimática subsequente. Mais especificamente pretendeu-se: optimizar as condições processuais dos pré-tratamentos (O2), analisar a influência dos pré-tratamentos na digestão enzimática (O3), estudar a influência da carga enzimática no rendimento da hidrólise enzimática (O4) e analisar as interacções entre celulases, beta-glucosidades e xilanases (O5).

Neste trabalho foram testados quatro pré-tratamentos: 1) com ácido sulfúrico diluído [temperatura: 60 a 180 º C, tempo: 30 a 120 minutos e concentração de H_2SO_4: 0,50 a 5,00% (w/w)], 2) com hidróxido de sódio [temperatura: 40 a 140 °C, tempo: 20 a 120 minutos e concentração de NaOH: 0,31 a 61,9 % (w/w)], 3) com hidróxido de sódio e peróxido de hidrogénio [tempo de 45 minutos, temperatura: 40 a 140 °C, concentração de

NaOH: 0,31 a 6,19% (w / w) e concentração de H_2O_2: 0,31 a 6,19% (w/w)] e 4) com amoníaco [temperatura: 50 a 100 º C, tempo: 60 a 480 minutos e concentração de NH_3: 1,00 a 15,00% (w/w)].

Os ensaios de hidrólise enzimática nos resíduos sólidos dos pré-tratados foram realizados com uma concentração de sólidos de 5% (w/v), em tampão citrato 50mM com pH de 4,8 e com uma concentração de BSA de 60mg/g de biomassa seca. A mistura de reacção foi incubada a 50ºC, durante 174h, num agitador orbital com agitação de 150rpm. Para a hidrólise enzimática foram utilizados três complexos enzimáticos gentilmente cedidos pela Novozymes (Dinamarca), NS22086 (complexo de celulases – 148FPU/ml), NS22118 (b-glucosidase - 426 p-NPGU/ml) e NS22083 (Xilanase – 7498 IU/ml) tendo sido testadas duas cargas enzimáticas 6FPU/g de substrato, 18 p-NPGU/g de substrato, 18 IU/g de substrato e 18FPU/g de substrato, 36 p-NPGU/g de substrato, 36 IU/g de substrato.

(O1 – análise do potencial de produção de etanol de 2ª geração):

O trabalho realizado mostrou que os resíduos das podas do olival, com um teor de açúcares na sua constituição de 51,15% do seu peso seco, podem adquirir um papel relevante na produção de etanol de 2ª geração, transformando um desperdício da manutenção do olival numa matéria-prima susceptível de gerar riqueza e emprego. A viabilidade prática dos projectos de produção de etanol a partir dos resíduos das podas do olival pode ainda ser melhorada se, para além do etanol, existir o aproveitamento dos compostos intermédios que são gerados na sua produção aplicando um conceito de biorrefinaria.

(O2 - optimização das condições processuais dos pré-tratamentos):

Neste trabalho conseguiu-se modelar com precisão os compostos solubilizados no pré-tratamento ácido, glucose (R^2 = 0,9591), xilose (R^2 = 0,9066), arabinose (R^2 = 0,9909) e a formação de produtos de degradação (R^2 = 0,9813), bem como a constituição do resíduo sólido resultante, peso do resíduo sólido (R^2 = 0,9742), lenhina (R^2 = 0,9453), glucose (R^2 = 0,8674), xilose (R^2 = 0,9266), arabinose (R^2 = 0,9962). Nos pré-tratamentos alcalinos conseguiu-se modelar com precisão as quantidades de lenhina dissolvida (LD_{NaOH} R^2 = 0,9421; $LD_{NaOH + H2O2}$ R2 = 0,9809 e LD_{NH3} R2 = 0,8003)

(O3 - analise da influência dos pré-tratamentos na digestão enzimática):

De todos os pré-tratamentos efectuados, o pré-tratamento com ácido sulfúrico foi aquele que apresentou melhores resultados. Neste pré-tratamento

obteve-se um rendimento de 84% na hidrólise enzimática, realizada com 18FPU/g de substrato, 36 p-NPGU/g de substrato e 36 IU/g de substrato, dos pré-tratados provenientes de pré-tratamentos efectuados com uma concentração de 4,09% (w/w), durante 102 minutos e com uma temperatura de 156ºC. Nestas condições atingiu-se a maior taxa de açúcares disponíveis para fermentação, correspondendo a soma dos açúcares libertados para o hidrolisado durante o pré-tratamento, com os açúcares libertados durante a hidrólise enzimática, a 90% dos açúcares existentes na biomassa.

Ao contrário do indicado por diversos autores, não verificámos na hidrólise enzimática uma estabilização na quantificação dos açúcares libertados após as 72h. Neste trabalho observou-se em todos os pré-tratados, em especial nos realizados a 180ºC e a 156ºC, com uma concentração de ácido de 4,09%, um aumento da taxa de açúcares libertados até ao término do período de hidrólise (174h). Este facto mostra, em particular para concentrações de enzima mais baixas, que os complexos enzimáticos utilizados continuam a actuar sobre o substrato, especialmente se este se encontrar mais acessível pelo pré-tratamento.

Nos pré-tratamentos alcalinos atingiu-se um valor máximo de 64,7% na taxa de libertação de açúcares, após 174h de hidrólise enzimática, nos pré-tratados resultantes de pré-tratamentos realizados com temperatura de 120ºC, durante 40 minutos e com uma concentração de NaOH de 15,0%. Nestes pré-tratamentos, não se verificou uma relação directa entre as taxas de remoção de lenhina e o rendimento da hidrólise, o que nos leva a equacionar que no pré-tratamento alcalino, o sucesso da hidrólise enzimática possa não se encontrar somente dependente das taxas de remoção de lenhina obtidas.

Não se provaram neste trabalho acréscimos significativos nas taxas de libertação de açúcares, durante a hidrólise enzimática, dos pré-tratados que sofreram adição de H_2O_2 relativamente aos pré-tratados resultantes de pré-tratamentos realizados apenas com NaOH.

Nos pré-tratamentos com NH_3 foi conseguida uma taxa de libertação de açúcares de 40,5%, após 174h de hidrólise enzimática, em pré-tratados com apenas 2,83% de concentração de NH_3. Este facto leva-nos a equacionar, em trabalhos futuros, a possibilidade de realizarmos pré-tratamentos alcalinos com menores valores de temperatura e concentração de base, mas com tempos de duração mais elevados.

(O4 - estudo da influência da carga enzimática no rendimento da hidrólise enzimática):

O aumento da carga enzimática, de 6FPU, 12 p-NPGU e 12IU para 18FPU, 36 p-NPGU e 36IU por grama substrato, promoveu acréscimos

médios no rendimento da hidrólise enzimática de 75% nos pré-tratados com H_2SO_4, 62% nos pré-tratados com elevada concentração de NaOH, 42% nos pré-tratados com baixa concentração NaOH, 39% nos pré-tratados com NaOH e H_2O_2 e 38% nos pré-tratados com NH_3

(O5 – análise das interacções entre os complexos enzimáticos):

Nos resultados da determinação das interacções entre os complexos enzimáticos, a concentração de celulases foi considerada o principal factor limitante no desenvolvimento da hidrólise enzimática, tendo sido observada para baixas concentrações de celulases uma estabilização na libertação de açúcares mesmo aumentando a quantidade de substrato disponível.

Na determinação das interacções entre os complexos enzimáticos podemos observar que a aplicação de baixas concentrações de beta-glucosidade e xilanase não limitou o rendimento da hidrólise enzimática. Uma explicação para esta constatação, resulta das beta-glucosidades e xilanases actuarem respectivamente sobre substratos solúveis ou amorfos, possuindo como tal, velocidades de hidrólise mais elevadas que as das celulases que actuam sobre substratos com regiões cristalinas. Neste trabalho, ao contrário do que é sugerido pela bibliografia consultada, pensamos que a relação entre celulases e estes complexos enzimáticos (beta-glucosidade e xilanase) pode ser de 3 para 1, em vez de 1:2. A redução nas quantidades de beta-glucosidade e xilanase utilizadas na realização do processo de hidrólise enzimática poderá assim representar uma poupança económica.

Bibliografia

Balat, M. 2011. Production of bioethanol from lignocellulosic materials via the biochemical pathway: A review. Energy Conversion and Management 52, 858-875.

DGEG 2013. Consumo de energia final por sector em 2011 (%). [consultado 18-06-2013]. Disponível em: http://www.dgeg.pt/.

Gupta, R. 2008. Alkaline pretreatment of biomass for ethanol production and understanding the factores influencing the cellulose hydrolysis. Tese de Doutoramento. Auburn University.

Hahn-Hägerdal, B., Karhumaa, K., Fonseca, C., Spencer-Martins, I. and Gorwa-Grauslund, M. 2007. Towards industrial pentose-fermenting yeast strains. Appl Microbiol Biotechnol 74, 937-953.

Jørgensen, H., Kristensen, J.B. and Felby, C. 2007. Enzymatic conversion of lignocellulose into fermentable sugars: challenges and opportunities. Biofuels, Bioproducts and Biorefining, 1- 2, 119-134.

Kumar, P., Barrett, D.M., Delwiche, M.J. and Stroeve, P. 2009. Methods for Pretreatment of Lignocellulosic Biomass for Efficient Hydrolysis and Biofuel Production. In Ind. Eng. Chem. Res. pp. 3713-3729.

Mosier, N., Wyman, C., Dale, B., Elander, R., Lee, Y.Y., Holtzapple, M. and Ladisch, M. 2005. Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass. Bioresource Technology 96, 673-686.

Oak Ridge National Laboratory 2013. Cellulosic Biofuel Production Steps and Biological Research Challenges. [consultado 21-07-2013]. Disponível em: http://bioenergycenter.org/besc/resources/images/gtlgallery.cfm

OECD-FAO 2011. Agricultural Outlook 2011-2020, OECD-FAO, ed., pp. 77-93.

Pu, Y.Q., Zhang, D.C., Singh, P.M. and Ragauskas, A.J. 2008. The new forestry biofuels sector. In Biofuels Bioprod. Biorefining. pp. 58-73.

UE 2006. Estratégia da União Europeia no domínio dos biocombustíveis (UE). Jornal Oficial da União Europeia.