



## D1.2 Roadmap Tecnológico

No âmbito do projeto “BIO-WARE -  
Programa de Sensibilização para a  
Bioeconomia”

## Conteúdo

<b>Sumário Executivo</b> .....	<b>6</b>
<b>1. Enquadramento</b> .....	<b>9</b>
<b>2. Metodologia</b> .....	<b>11</b>
2.1. Delimitação do roadmap tecnológico .....	11
2.2. Modelo de roadmap tecnológico .....	12
<b>3. Tendências Tecnológicas</b> .....	<b>15</b>
3.1. Observatório científico.....	15
3.2. Roadmaps tecnológicos .....	37
<b>4. Conclusões</b> .....	<b>54</b>
<b>Bibliografia</b> .....	<b>59</b>

## Índice de Figuras

Figura 1 - O paradigma da bioeconomia.....	9
Figura 2 - Modelo de roadmap.....	12
Figura 3 - Ordenação de tecnologias por complexidade .....	13
Figura 4 – Agricultura, triénio 2012-2014, n=321.....	16
Figura 5 – Agricultura, triénio 2013-2015, n=560.....	17
Figura 6 – Agricultura, triénio 2014-2016, n=726.....	17
Figura 7 - Agricultura, triénio 2015-2017, n=1038 .....	17
Figura 8 – Temas centrais mais recentes no caso da Agricultura .....	18
Figura 9 – Agricultura de precisão, 2014, n=22 .....	19
Figura 10 – Agricultura de precisão, 2015, n=26 .....	19
Figura 11 – Agricultura de precisão, 2016, n=34 .....	20
Figura 12 – Agricultura de precisão, triénio 2014 a 2016, n=82 .....	20
Figura 13 – Temas centrais mais recentes no caso da Agricultura de precisão .....	21
Figura 14 - Silvicultura e exploração florestal, 2013 e 2014, n=56.....	22
Figura 15 - Silvicultura e exploração florestal, 2014 e 2015, n=73.....	22
Figura 16 - Silvicultura e exploração florestal, 2015 e 2016, n=87 .....	22
Figura 17 - Silvicultura e exploração florestal, 2016 e 2017, n=94.....	23
Figura 18 - Temas centrais mais recentes no caso da Silvicultura e exploração florestal .....	23
Figura 19 – Tomate, 2014, n= 10.....	24
Figura 20 – Tomate, 2015, n=16.....	25
Figura 21 – Tomate, 2016, n=27 .....	25
Figura 22 – Tomate, 2017, n=20.....	26
Figura 23 – Temas centrais mais recentes no caso do Tomate .....	27
Figura 24 – Biocombustíveis, triénio 2012 a 2014, n=313.....	28
Figura 25 – Biocombustíveis, triénio 2013 a 2015, n=357.....	28
Figura 26 – Biocombustíveis, triénio 2014 a 2016, n=423.....	28
Figura 27 – Biocombustíveis, triénio 2015 a 2017, n=504.....	29
Figura 28 – Temas centrais atuais no caso dos Biocombustíveis .....	30
Figura 29 - Fitorremediação, 2013, n=9.....	31
Figura 30 - Fitorremediação, 2015, n=8.....	32
Figura 31 - Fitorremediação, 2016, n=7.....	32
Figura 32 - Fitorremediação, 2017, n=7.....	33
Figura 33 - Temas centrais mais recentes no caso da Fitorremediação .....	34
Figura 34 - Aplicações industriais, fermentação, 2014, n=122.....	34
Figura 35 - Aplicações industriais, fermentação, 2015, n=154 .....	35

Figura 36 - Aplicações industriais, fermentação, 2016, n=179 .....	35
Figura 37 - Aplicações industriais, fermentação, 2017, n=158 .....	36
Figura 38 - Temas centrais mais recentes no caso das Aplicações industriais, fermentação ...	36
Figura 39 - Roadmap tecnológico da agricultura .....	37
Figura 40 - Roadmap tecnológico da agricultura de precisão .....	40
Figura 41 – Agricultura, ordenação de tecnologias por complexidade .....	41
Figura 42 - Roadmap tecnológico silvicultura e exploração florestal .....	42
Figura 43 – Silvicultura e exploração florestal, ordenação de áreas tecnológicas por complexidade .....	44
Figura 44 - Roadmap tecnológico de aplicações industriais, fermentação .....	46
Figura 45 - Cadeias de produção de PHA .....	47
Figura 46 – Aplicações industriais (fermentação – vias e fontes de biomassa), ordenação de tecnologias por complexidade .....	48
Figura 47 – Roadmap tecnológico dos biocombustíveis .....	49
Figura 48 – Biocombustíveis, ordenação de tecnologias por complexidade .....	51

## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Dimensão das amostras para aplicação de LSA por subsetor de análise .....	15
--	----

# Sumário Executivo

## Sumário Executivo

O presente trabalho expande o espectro temporal de análise face ao momento de diagnóstico que o precede, nomeadamente, o Estudo de Vigilância Tecnológica, elaborado pela SPI em 2017. Sobre a definição, prossegue-se com a “exploração sustentável de recursos biológicos”, como equiparável ao que se afirma como bioeconomia. Não obstante desse cenário ótimo, são consideradas tecnologias com o potencial de:

1. Induzir a migração de setores “tradicionais”, do ponto de vista da exploração dos recursos biológicos, para uma metodologia progressivamente mais sustentável.
2. Criar e radicalmente alterar cadeias de valor associadas à plena concretização da bioeconomia, com base na reutilização de desperdícios nos processos e através da utilização de novas tecnologias na maximização da eficiência produtiva.

Os desafios inerentes ao mapeamento tecnológico de tão vasta área como a bioeconomia devem-se não só ao alargado âmbito de análise, mas à transversalidade deste paradigma, no que diz respeito à influência de diversos agentes económicos, para que se esteja indubitavelmente na presença de instâncias de bioeconomia, ou pelo menos de aproximação a esta forma de organização das atividades económicas.

O teor marcadamente técnico e específico de algumas secções deste trabalho não insinua concretizar um estado da arte de determinado percurso tecnológico, mas como se verá à frente, indiciar temáticas que aparentam reunir interesse científico e de onde possam provir, mais provavelmente, desenvolvimentos relevantes para a bioeconomia, quer por avanços específicos nessas áreas, quer pela combinação de diversas áreas de saber, quão desconexas se possam, à primeira vista, revelar. É daqui, aliás, conjuntamente com leituras qualitativas de referência em cada área temática, que resultam indícios sobre prováveis roadmaps tecnológicos para as áreas da bioeconomia branca e verde onde a Nersant e o Agrocluster Ribatejo possam aportar o seu valor de organização de mercado.

O paradigma da bioeconomia empresta-se, dadas certas sobreposições de características, a analogias conceptuais com a indústria 4.0. No âmbito da bioeconomia, à semelhança do que acontece na indústria 4.0, uma determinada atividade deixa de depender exclusivamente de comportamentos microeconómicos, mas de toda a cadeia de valor. Coincidentemente, e particularmente no domínio da agricultura de precisão e em aplicações industriais, o mindset de agilização inteligente de processos de decisão e a otimização dinâmica é também uma força motriz relevante em grande parte dos percursos tecnológicos.

Com os objetivos anteriormente descritos, formulam-se dois grandes momentos no presente trabalho: um primeiro intitulado “Observatório científico”, onde se aplica uma técnica de processamento de linguagem natural a milhares de artigos científicos e se extraem os termos

mais relevantes, segundo determinadas métricas. Tendo em conta as restrições de disponibilidade de artigos científicos open access, são tecidas algumas observações sobre os termos mais relevantes nessas amostras e que podem indiciar maior interesse numa determinada área de investigação.

Partindo deste primeiro momento, muitas vezes simultaneamente, conduzem-se diversas pesquisas sobre tendências tecnológicas nos ramos temáticos de interesse, vertidas posteriormente em roadmap tecnológicos e ordenação de tecnologias por ordem de complexidade. Face ao interesse que se pretende abrangente, o modelo de roadmap mais generalista comumente utilizado foi adaptado pela SPI e é descrito em detalhe nas notas metodológicas.

Por fim, remata-se o trabalho com conclusões referentes a todo o trabalho desenvolvido, onde a organização de mercado e conseqüente cooperação entre os intervenientes das cadeias de valor se assume como central pilar dos avanços em direção a uma bioeconomia plena e geradora de valor económico para a sociedade em geral.

Sociedade Portuguesa de Inovação,

Março de 2018

# Capítulo 1

## 1. Enquadramento

O exercício de roadmapping tecnológico está, tipicamente, na base do posicionamento estratégico de empresas intensivas em integração de tecnologia nos respetivos processos produtivos. Quando aplicado a um vasto ramo da economia, a bioeconomia, neste caso, reveste-se de especial interesse para as entidades que possam levar a cabo iniciativas de organização e aconselhamento de mercado, impelindo os agentes microeconómicos a cenários globalmente ótimos para a sociedade, que de outra forma seriam inalcançáveis, tal é a necessidade de coordenação e investigação e desenvolvimento paralelos. Acresce a esta força motriz, o incentivo ainda reduzido para vias menos sustentáveis, pela existência competitiva de alternativas não sustentáveis.

O presente roadmap tecnológico vem na sequência do Estudo de Vigilância Tecnológica levado a cabo pela SPI em 2017. Baseando-se nos setores-chave do tecido empresarial da Lezíria do Tejo e Médio Tejo e nas conclusões aí retiradas, este roadmap tecnológico constitui-se como ferramenta de apoio à decisão e à estratégia a definir para esse território.

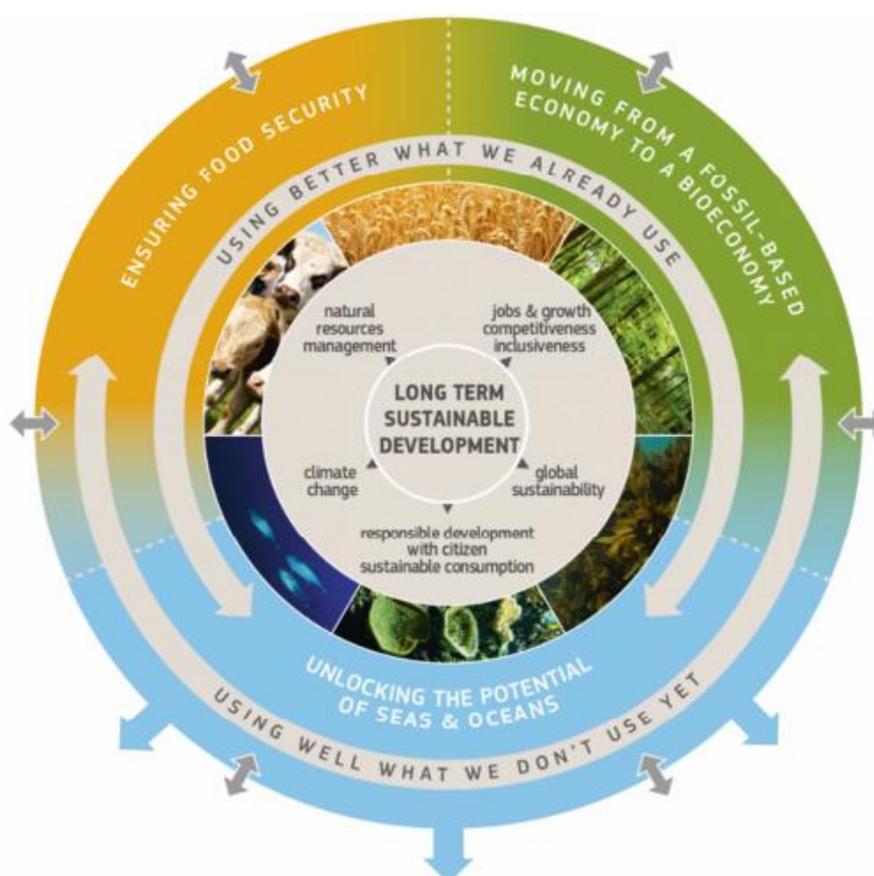


Figura 1 - O paradigma da bioeconomia

Fonte: Joint Research Centre

# Capítulo 2

## 2. Metodologia

### 2.1. Delimitação do roadmap tecnológico

No âmbito do presente estudo, o processo de roadmap cinge-se aos processos agrícolas e florestais (bioeconomia verde) e aplicações industriais e ambientais (bioeconomia branca). No que diz respeito às aplicações ambientais, é apresentado o caso específico da fotorremediação. Em termos de aplicações industriais, tendo em conta o estado da arte dos desenvolvimentos tecnológicos na produção de bioprodutos, detalha-se o caso concreto da utilização de fermentação (conforme aponta o estudo Environmental Sustainability Assessment of Bioeconomy Products and Processes – Progress Report 1 desenvolvido pelo Joint Research Centre da Comissão Europeia), segundo diversas vias e através da utilização de diferentes inputs.

Os motivos para esta delimitação prendem-se com:

1. O conhecimento prévio sobre a preponderância destes setores no total da economia da Lezíria do Tejo e Médio Tejo, baseada em anteriores momentos de diagnóstico não diretamente relacionados com a bioeconomia. Consequentemente, também esses setores se assumem como os mais relevantes na bioeconomia.
2. As conclusões retiradas com o Estudo de Vigilância Tecnológica levado a cabo no âmbito do projeto Bioware.
3. A possibilidade de indiciar tecnologias relevantes e aconselhar vias de ação por parte da Nersant e do Agrocluster Ribatejo que possam influenciar as empresas da sua zona de abrangência a caminhar em direção a maior sustentabilidade no que diz respeito à utilização de recursos biológicos.

As referidas conclusões inerentes ao Estudo de Vigilância Tecnológica, no que diz respeito ao perfil de especialização regional, aconselham que sejam consideradas as cadeias de valor na sua totalidade, uma vez que os desenvolvimentos científicos num determinado setor são facilmente extensíveis a outro muito próximo, ou até relativamente desconexo, como é o caso das técnicas de agricultura de precisão e as técnicas de monitorização e inventário florestal.

Julga-se que os caminhos tecnológicos aqui indicados representarão incursões prováveis para as empresas da região e que, apesar do teor temporalmente distante, possam, no curto-prazo, incrementar o valor acrescentado dos setores potencialmente enquadráveis na bioeconomia.

## 2.2. Modelo de roadmap tecnológico

Abaixo, apresenta-se o modelo de roadmap tecnológico utilizado para cada um dos setores da bioeconomia, definidos anteriormente na delimitação do roadmap. Dado o âmbito de análise alargada que se segue, o roadmap é levado a cabo de forma bipartida, começando por identificar áreas de intervenção e tecnologias pertinentes e, seguidamente, ordenando por complexidade. Naturalmente, um percurso tecnológico identificado numa área de intervenção poderá ser facilmente aplicável e ou adaptável a uma outra área de intervenção.

Relembre-se que as tecnologias apresentadas têm em mente a prossecução dos seguintes objetivos:

1. Induzir a migração de setores “tradicionais”, do ponto de vista da exploração dos recursos biológicos, para uma metodologia progressivamente mais sustentável.
2. Criar e radicalmente alterar cadeias de valor associadas à plena concretização da bioeconomia, com base na reutilização de desperdícios nos processos e através da utilização de novas tecnologias na maximização da eficiência produtiva.

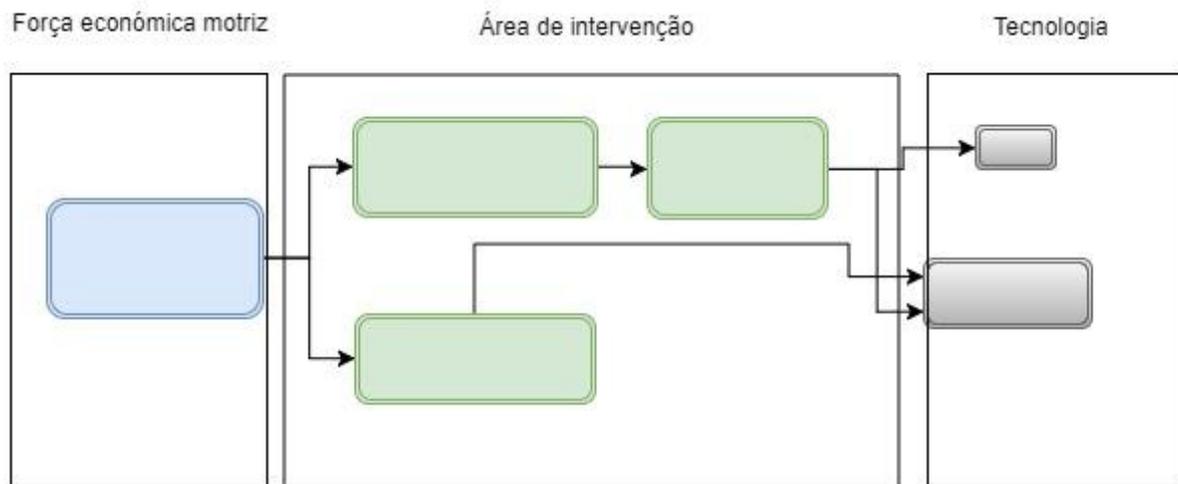


Figura 2 - Modelo de roadmap

### Definições

**Força económica motriz:** Esta dimensão de análise representa, mediante o objetivo de nortear setores potencialmente enquadráveis na bioeconomia, as forças motrizes que simultaneamente impelem os agentes económicos a um paradigma “mais bioeconómico”, por via das pressões de mercado e governamentais, e onde aparentam residir oportunidades de criação de valor, pelo potencial por explorar existente na utilização sustentável de recursos biológicos.

**Área de intervenção:** Surgem como uma forma de responder aos desafios colocados pelas forças económicas motrizes anteriormente identificadas, seja por via da necessidade de reformulação das práticas existentes ou da aposta em métodos substancialmente novos.

**Tecnologias:** Áreas tecnológicas particularmente relevantes para as áreas de intervenção identificadas, vistas como possuindo especial interesse para a evolução dos setores potencialmente enquadráveis na bioeconomia.

Após o exercício descrito acima, tomaram-se para cada um dos setores potencialmente enquadráveis na bioeconomia, os percursos tecnológicos por ordem de complexidade, sempre que pertinente. Esta opção metodológica, ao invés da habitual descrição em termos de curto/médio/longo prazo, prende-se com uma postura conservadora, já que a ordem de complexidade e aparente cronologia da adoção de tecnologias dependerá sempre da maior ou menor utilidade que venham a ter para os intervenientes, pelo que uma linha tecnológica poderá, não obstante da extrema complexidade, ser adotada em prazos relativamente curtos face ao esperado. Os diferentes e incrementais níveis horizontais de complexidade representam, por vezes, níveis bastantes díspares de dificuldade e ou maturação da tecnologia, ou seja, as tecnologias, horizontalmente dispostas, nem sempre o estão “à escala”. Ao assumir-se menos um conjunto de pressupostos, contribui-se para uma análise menos frágil, no que é um contexto altamente incerto.

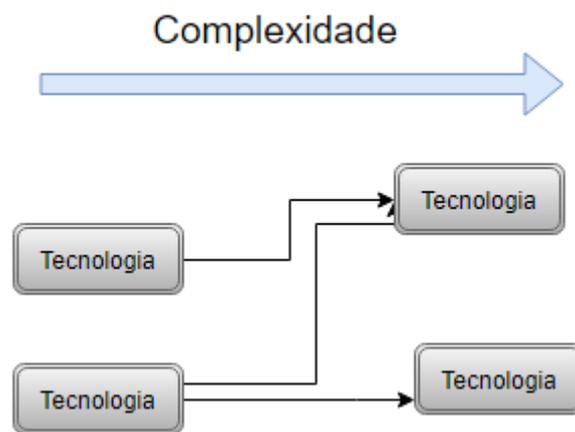


Figura 3 - Ordenação de tecnologias por complexidade

# Capítulo 3

## 3. Tendências Tecnológicas

### 3.1. Observatório científico

No presente capítulo do trabalho, são apresentados resultados da aplicação de um método de processamento computacional de linguagem natural, designado *latent semantic analysis* (LSA), a conhecimento científico na área da bioeconomia. Para tal, selecionaram-se revistas científicas de acesso aberto, onde o critério de seleção foi a relevância para o tema da bioeconomia (biotecnologia, ciência agrária, etc.).

A esta amostra, de milhares de artigos e em conjuntos definidos através de variações de escolha de ano, tema e revista, foi aplicado o método LSA, sendo possível extrair os temas mais relevantes para dada amostra. Este processo permitiu observar indiretamente, e com as devidas reservas, padrões, temas e tecnologias mais relevantes e forneceu a matéria-prima de orientação deste Roadmap Tecnológico.

Do ponto de vista da seleção de amostras, além de definidas mediante palavras-chave, optou-se por analisar anos que contivessem mais do que 20 artigos, excetuando o caso de estudo do tomate e aplicações ambientais - fitorremediação.

Tabela 1 - Dimensão das amostras para aplicação de LSA por subsetor de análise

Subsetor de análise	Dimensão amostral (nº de artigos científicos)
<b>Agricultura</b>	2.645
<b>Agricultura de precisão</b>	164
<b>Silvicultura e exploração florestal</b>	307
<b>Caso específico – tomate</b>	73
<b>Biocombustíveis</b>	1.597
<b>Aplicações ambientais – fitorremediação</b>	31
<b>Aplicações industriais – fermentação</b>	613
<b>Total</b>	5.430

**Nota:** Os números apresentados contêm repetição de artigos científicos, uma vez que em certas circunstâncias os períodos de análise foram constituídos por 2 ou 3 anos.

Esta metodologia amostral foi sucessivamente aumentada em 1 ano, quer em períodos de análise de apenas 1 ano, ou vários, por forma a destrinçar padrões e tendências na produção de conhecimento científico.

Adianta-se também que a dimensão amostral de cada ano variou consideravelmente. Contudo, a arquitetura do sistema utilizado para esta análise integra um indicador estatístico designado “term frequency-inverse document frequency” que, conjuntamente com outros pressupostos tomados em linha de conta, debelam esta aparente limitação.

Para cada período amostral, foram então extraídos os termos mais relevantes, agrupados em “componentes semânticos”, fazendo variar a percentagem de exclusão e inclusão de termos presentes em todos os artigos científicos. Em termos práticos, foram extraídos os 5 componentes semânticos (cada um constituído por 5 palavras) mais relevantes de cada amostra para 7 níveis de exclusão de termos (termos excluídos exibidos em 70%, 65%, 60%, 50%, 45%, 40% e 30% dos artigos científicos, conservando-se sempre os termos constantes em pelo menos 10% dos artigos científicos). Cada uma destas etapas de processamento deveria resultar em 350 palavras. Contudo, da aplicação deste procedimento resultam palavras sem significado, ou não relacionadas, que foram eliminadas do resultado. Posteriormente, foram calculadas frequências para cada um dos termos, sendo que se eliminaram os termos com menos de 5 referências relativas dentro do grupo de palavras resultante. Adverte-se para o facto de as percentagens apresentadas não poderem ser interpretadas como representando a percentagem de menção no total de palavras resultantes deste método, mas sim, a representatividade relativa dentro de componentes semânticos, mediante os pressupostos indicados.

## Agricultura

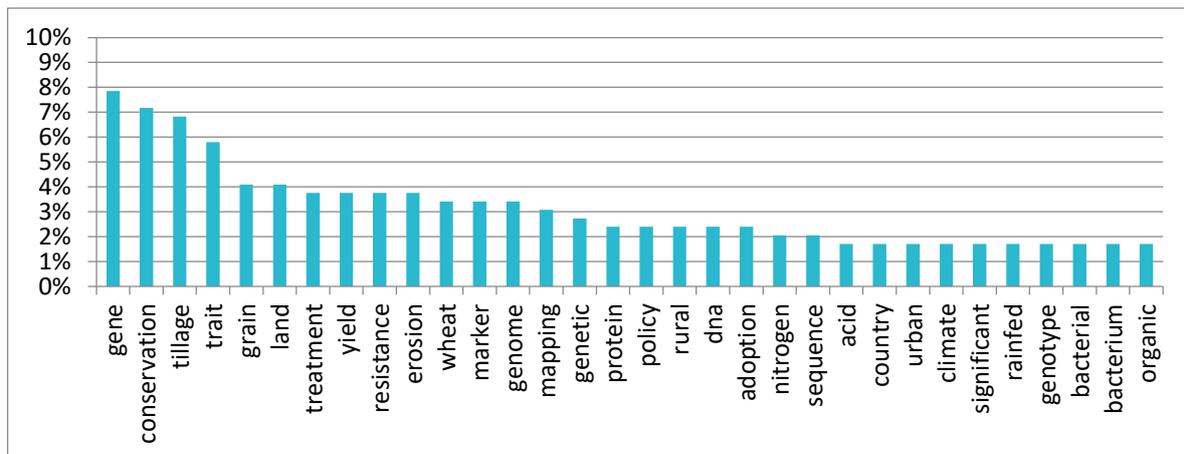


Figura 4 – Agricultura, triénio 2012-2014, n=321

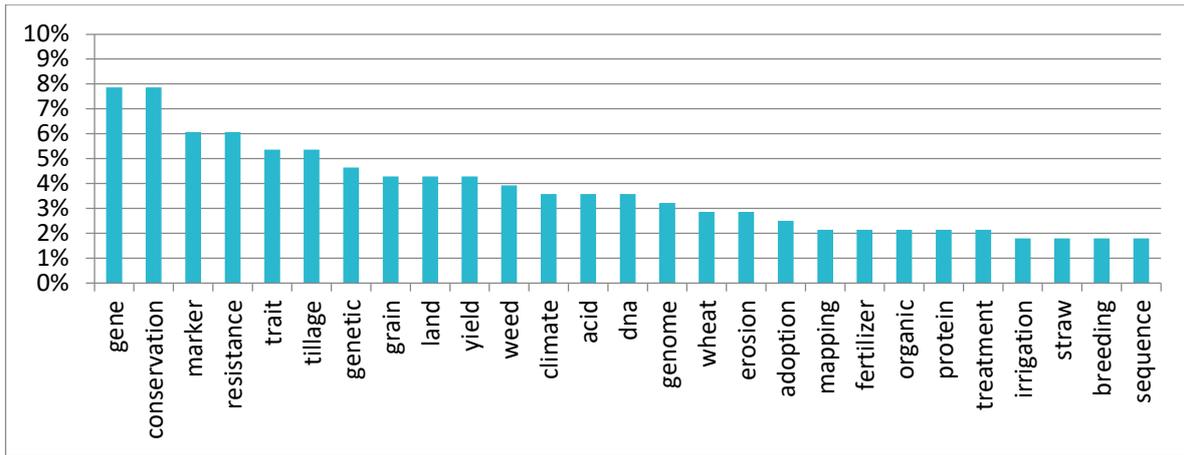


Figura 5 – Agricultura, triénio 2013-2015, n=560

NMR (nuclear magnetic resonance spectroscopy): espectroscopia de ressonância magnética nuclear.

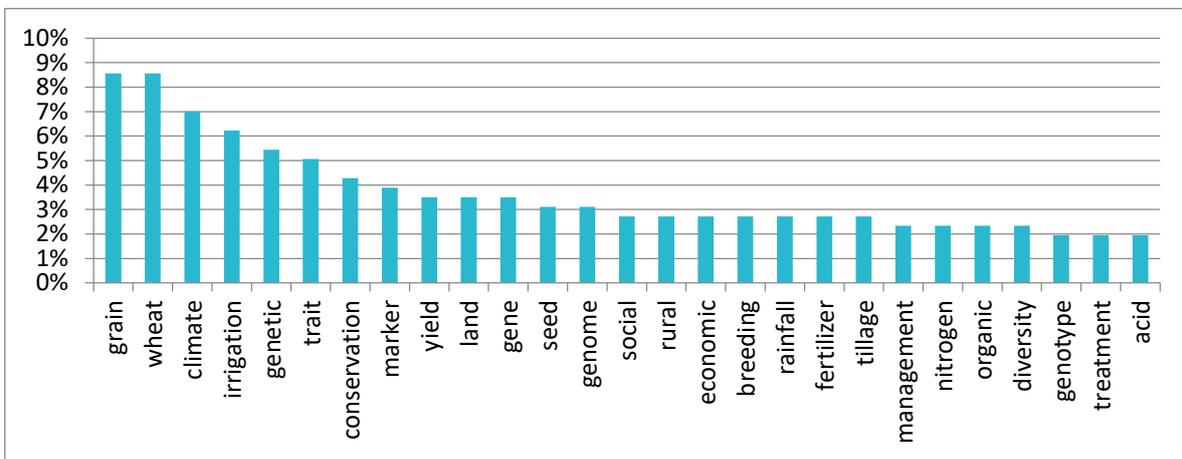


Figura 6 – Agricultura, triénio 2014-2016, n=726

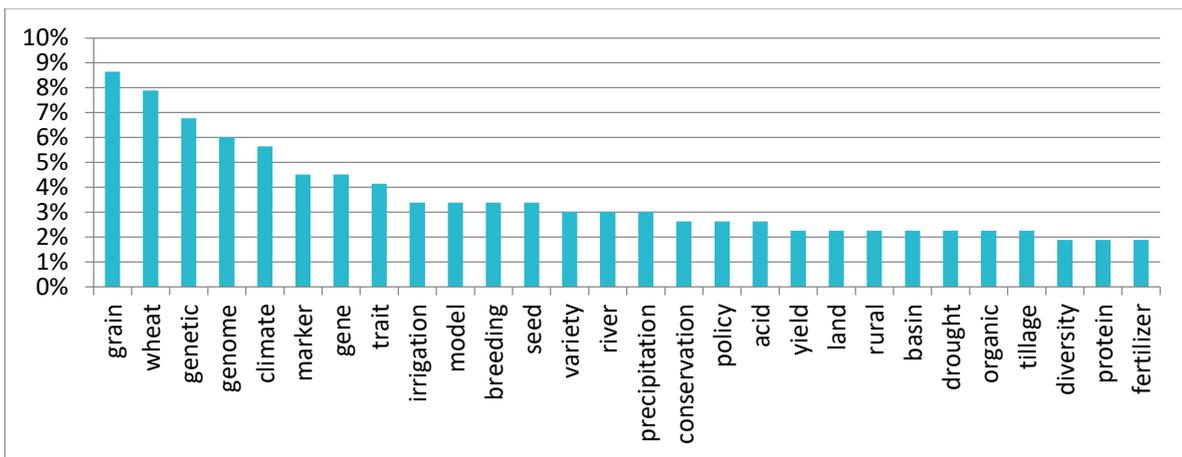


Figura 7 - Agricultura, triénio 2015-2017, n=1038



Agricultura de precisão

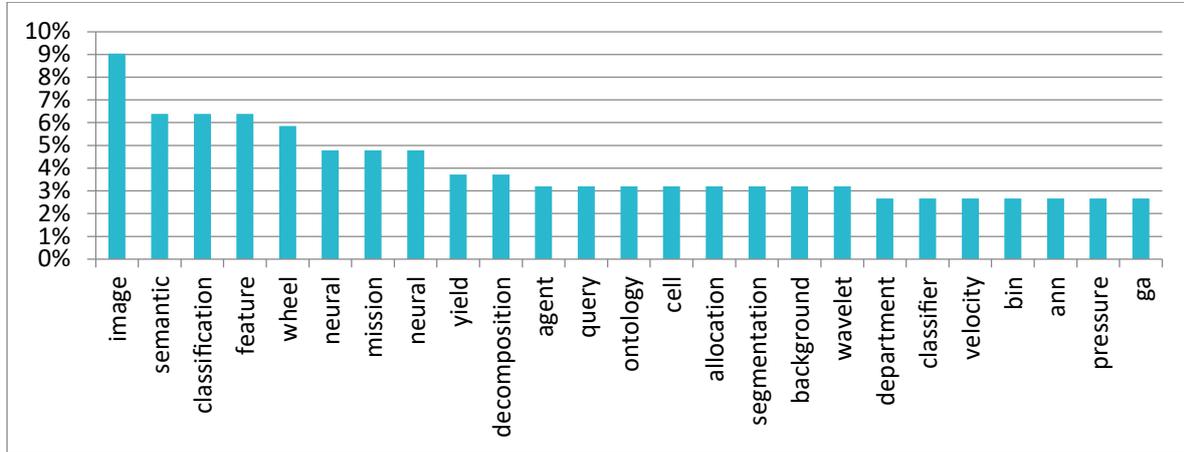


Figura 9 – Agricultura de precisão, 2014, n=22

\*ann= artificial neural network= rede neural artificial

\*NTHE=Near Term Human Extinction

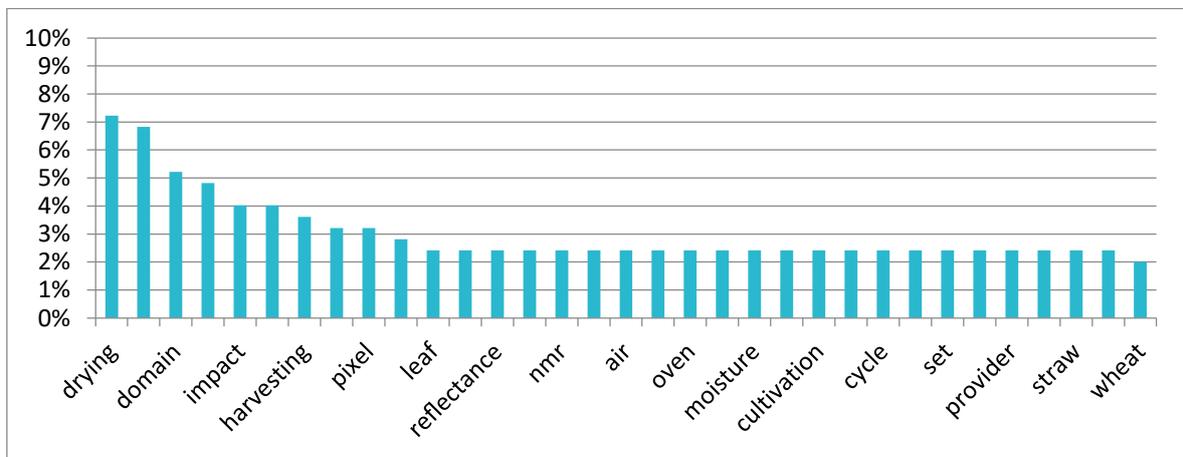


Figura 10 – Agricultura de precisão, 2015, n=26

\*Ndvi= Normalized Difference Vegetation Index

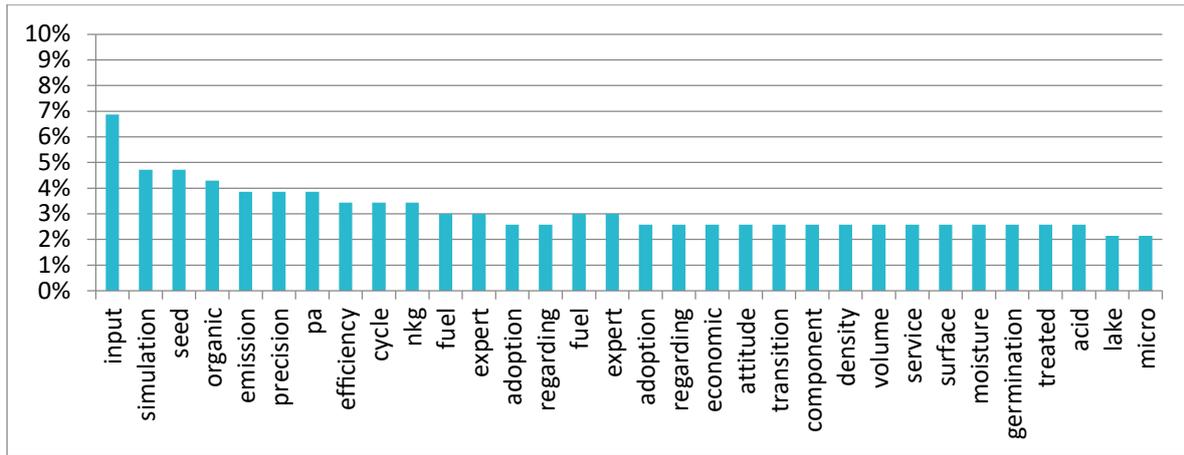


Figura 11 – Agricultura de precisão, 2016, n=34

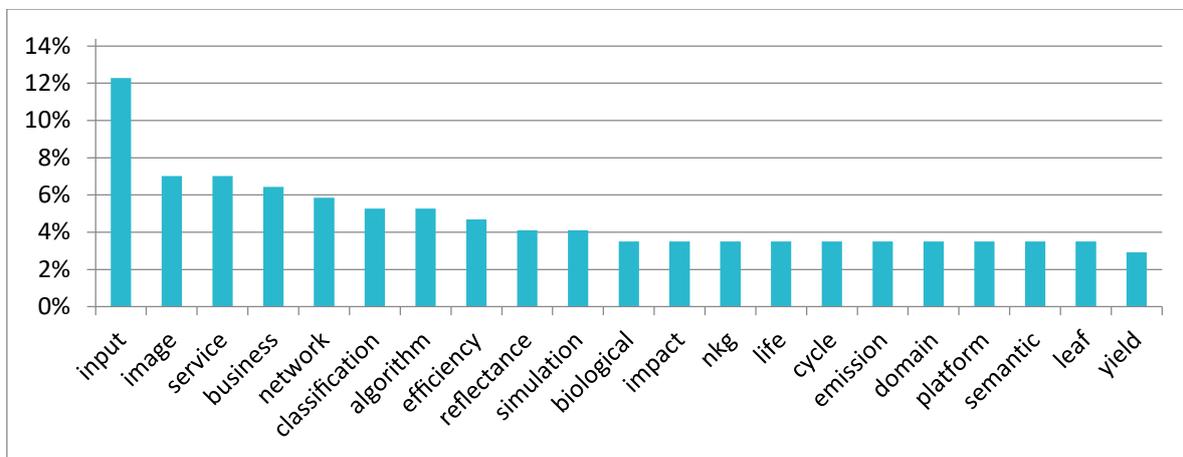


Figura 12 – Agricultura de precisão, triénio 2014 a 2016, n=82

Impressões qualitativas sobre os temas centrais dos gráficos apresentados:

**2014**

1. Utilização de imagens para agricultura de precisão.
2. Importância de aplicação de algoritmos no processamento de imagem (entre eles, ann=artificial neural networks).

**2015**

1. Utilização de técnicas de processamento de imagem para a agricultura de precisão.
2. Explorações sobre variáveis que influenciam as técnicas de captação de input para processamento de imagem



Silvicultura e exploração florestal

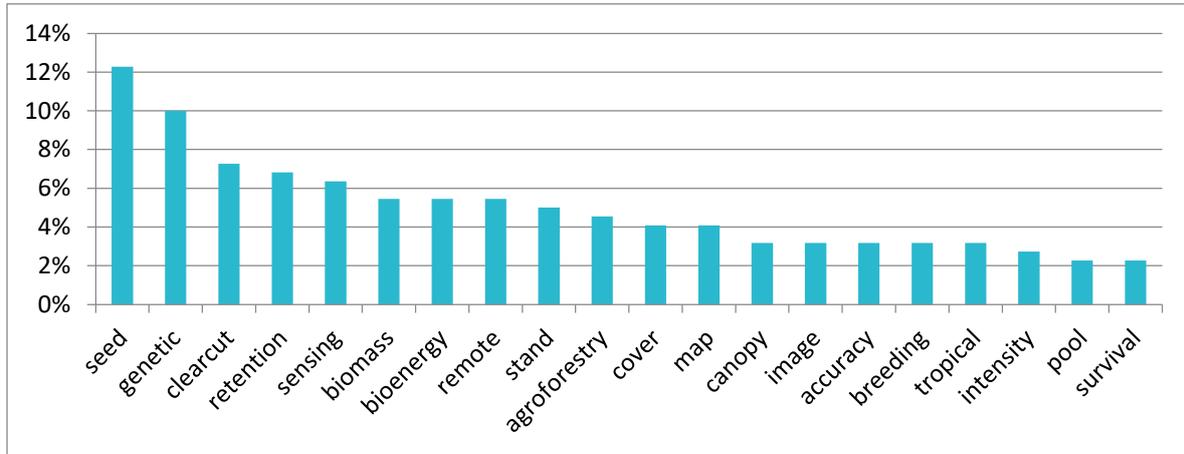


Figura 14 - Silvicultura e exploração florestal, 2013 e 2014, n=56

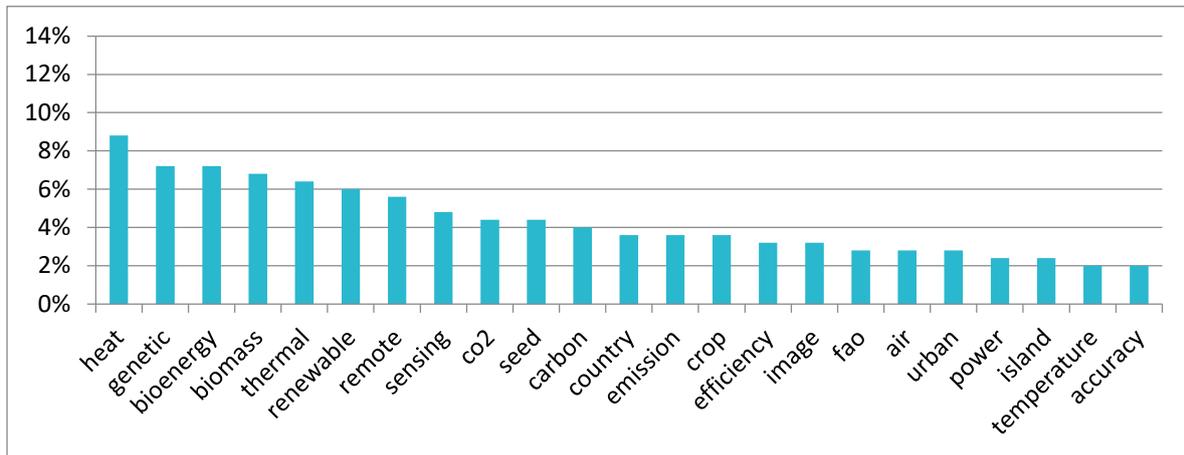


Figura 15 - Silvicultura e exploração florestal, 2014 e 2015, n=73

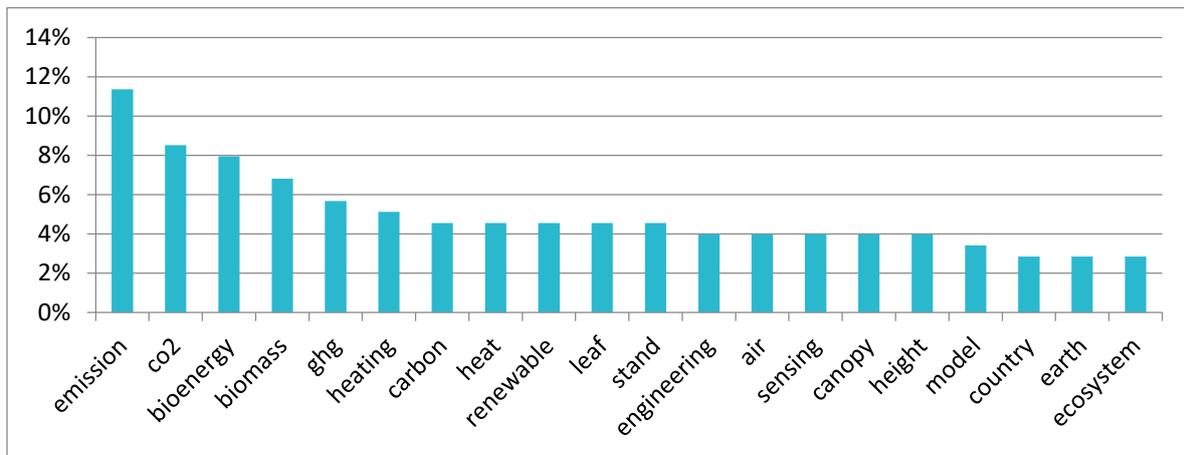


Figura 16 - Silvicultura e exploração florestal, 2015 e 2016, n=87

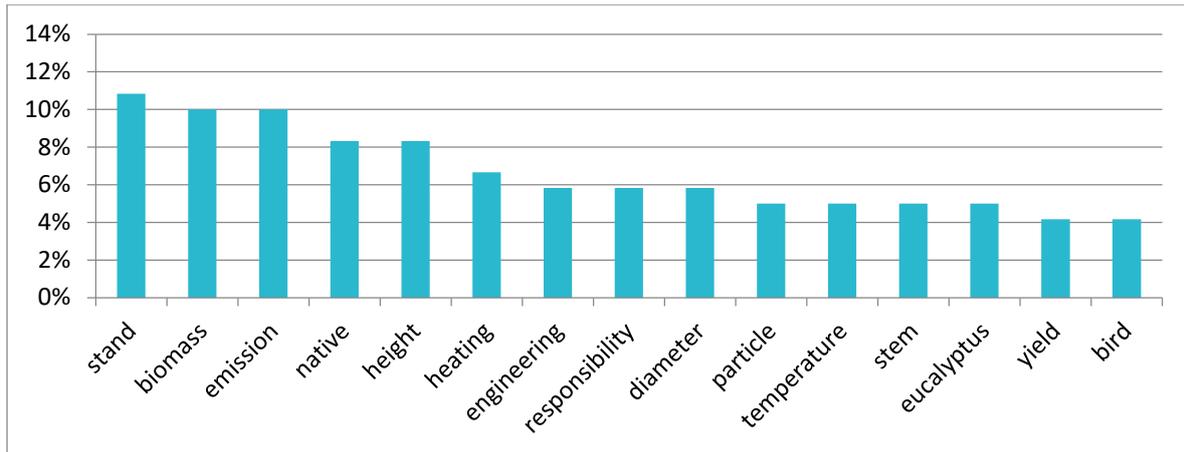


Figura 17 - Silvicultura e exploração florestal, 2016 e 2017, n=94

Impressões qualitativas sobre os temas centrais dos gráficos apresentados:

Os triénios apresentados, segundo a técnica de análise utilizada, são bastante semelhantes entre si, geralmente com menções muito relevantes dos seguintes quatro temas:

1. Relevância do estudo de traços genéticos de espécies florestais.
2. Importância da floresta como fonte energética tida em linha de conta nos avanços científicos.
3. Interesse de temáticas relacionadas com monitorização remota de florestas.
4. Potencial da floresta para sequestro de carbono.

Em síntese, no momento atual, os temas centrais no caso da silvicultura e exploração florestal são:

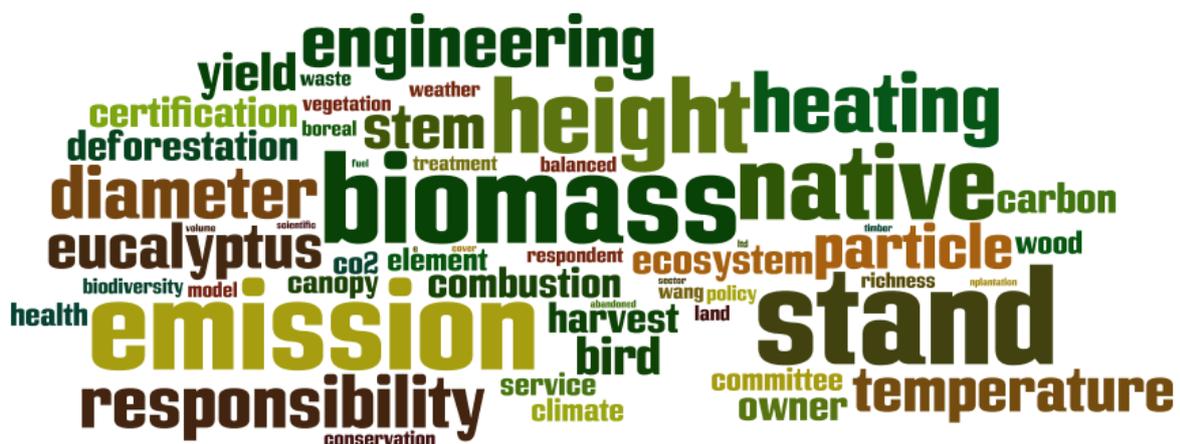


Figura 18 - Temas centrais mais recentes no caso da Silvicultura e exploração florestal

## Casos específicos - tomate

Tendo em conta a relevância de alguns produtos agrícolas na Lezíria do Tejo e Médio Tejo, é aplicada a técnica anteriormente mencionada ao caso específico do tomate. Dado estar a restringir-se significativamente a amostra, os resultados aqui apresentados devem ser interpretados com especial precaução.

### Tomate

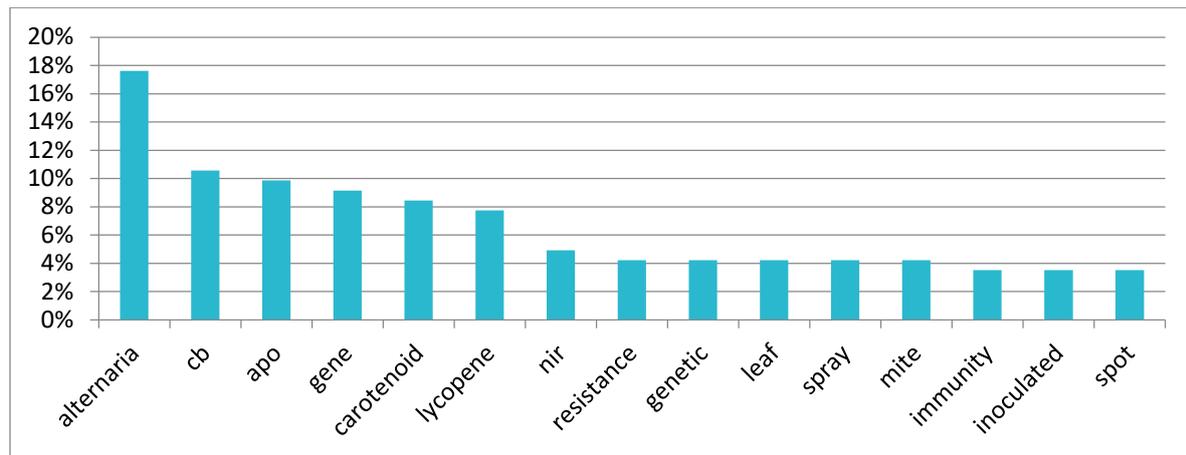


Figura 19 – Tomate, 2014, n= 10

#### Definições:

**Bt (tomates BT):** tomates geneticamente modificados para produzirem uma proteína inseticida, naturalmente produzida pela espécie bacteriana *Bacillus Thuringiensis*.

**Bassiana (*Beauveria Bassiana*):** tipo de fungo entomopatogénico.

**Solani (*Rhizoctonia solani* ou *alternaria solani*):** fungos patogénicos.

**CB (cold break):** técnica de processamento de tomate.

**Mite:** ácaro que afeta plantações de tomate.

**NIR: near infrared:** tendo-se conduzido uma breve pesquisa bibliográfica sobre a utilização desta tecnologia, encontram-se referências relativas à avaliação não destrutiva da qualidade do fruto. Para referência (He, Yong & Zhang, Yun & Pereira, Annia & H. Gómez, Antihus & Wang, Jun. (2005). Nondestructive Determination of Tomato Fruit Quality Characteristics Using Vis/NIR Spectroscopy Technique. International Journal of Information Technology. 11.)

**SSC (soluble solids concentration):** utilização desta característica para previsão de traços internos de qualidade do tomate de forma não invasiva.

**Cleavage (carotenoid cleavage):** clivagem de carotenoides.

**APO (apolycopenals):** compostos derivados de carotenoides.

**RNA (ribonucleic acid):** ácido ribonucleico.

**RNAI (RNA interference):** interferência por RNA.

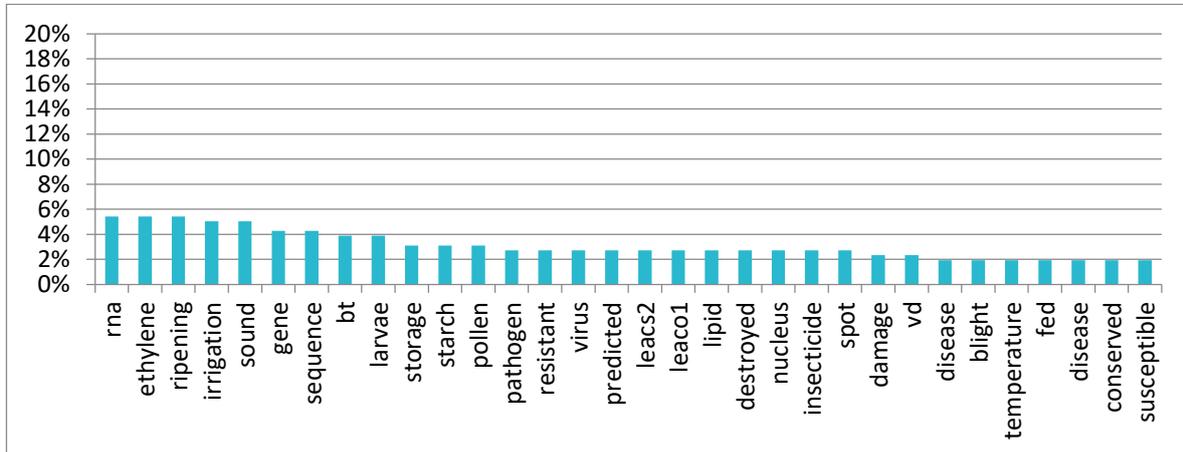


Figura 20 – Tomate, 2015, n=16

**Blight:** Doença que afeta folhas, caules e frutos do tomateiro.

**Leacs2 e Leaco1:** genes envolvidos no amadurecimento do tomate.

**VD (Verticillium dahliae):** fungo patogénico.

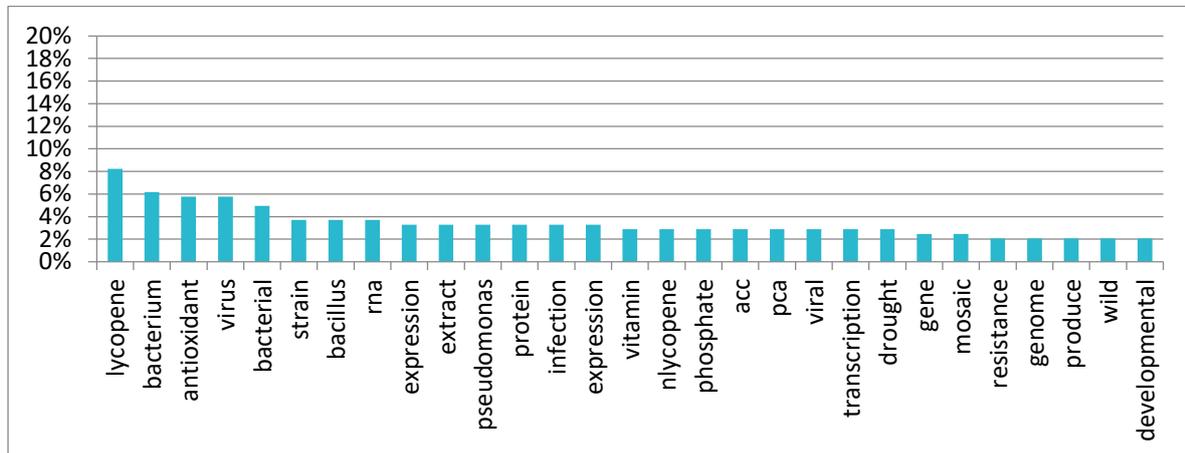


Figura 21 – Tomate, 2016, n=27

**ACC (1-Aminocyclopropane-1-carboxylate):** enzima central na biossíntese de etileno.

**PCA (principal component analysis):** técnica estatística.

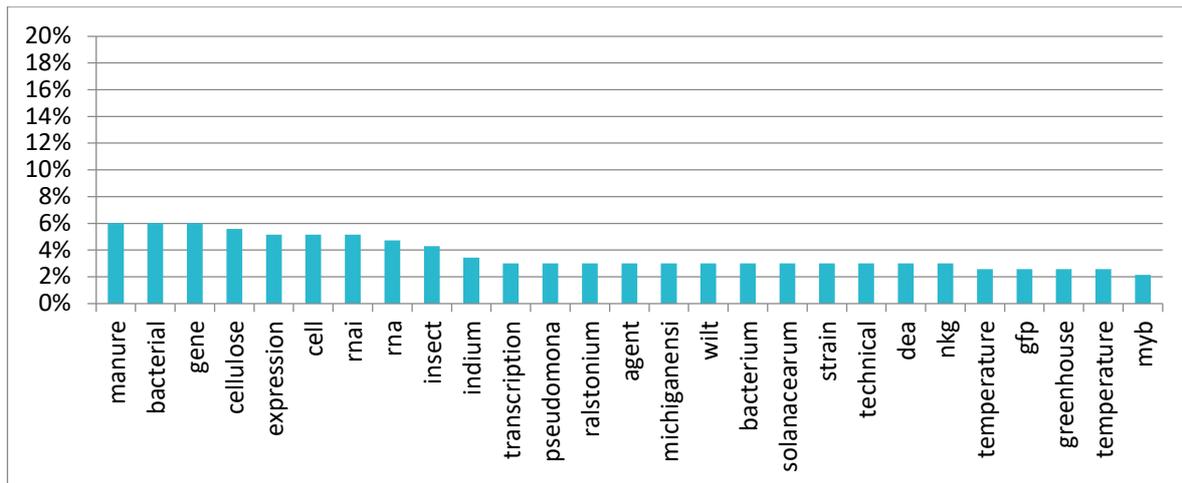


Figura 22 – Tomate, 2017, n=20

**Pseudomonas:** bactérias que provocam doenças em tomateiros.

**GFP (tomato/GFP-FLP/FRT):** green fluorescent protein.

**Solanacearum (Ralstonium Solanacearum):** bactéria que provoca murchidão bacteriana nos tomateiros.

**Michiganensi (chavibacter michiganensis):** bactéria.

**Indium:** designação do tomate pelo herbalista alemão Joachim Camerarius

**Nkg (NKG-1):** caldo de fermentação, cuja aplicação reduz substancialmente (até 60%) o crescimento de Botrytis Cinerea.

**DEA** (data envelopment analysis): processo de estimação de fronteiras de produção.

**MYB** (proteins): fator de transcrição.

Impressões qualitativas sobre os temas centrais dos gráficos apresentados:

#### 2014:

1. Produção de conhecimento científico, na amostra selecionada, relacionado maioritariamente com fungos patogénicos que afetam as culturas de tomate.

#### 2015

1. Face ao período anterior de análise, figuram termos relacionados com o amadurecimento do tomate. Consta ainda nos artigos científicos analisados, uma menção interessante à utilização de ondas sonoras como forma de atrasar o processo de amadurecimento do tomate.



Biocombustíveis

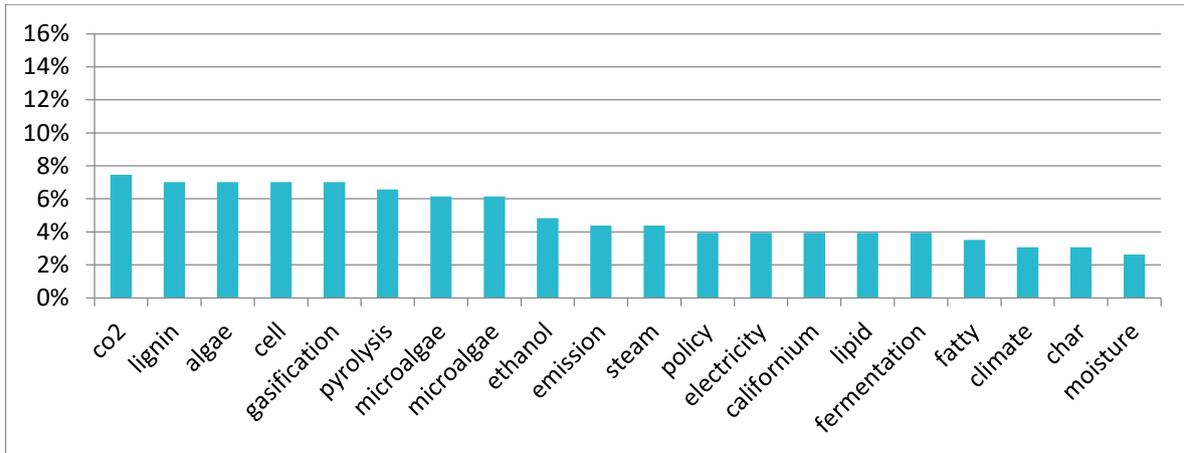


Figura 24 – Biocombustíveis, triénio 2012 a 2014, n=313

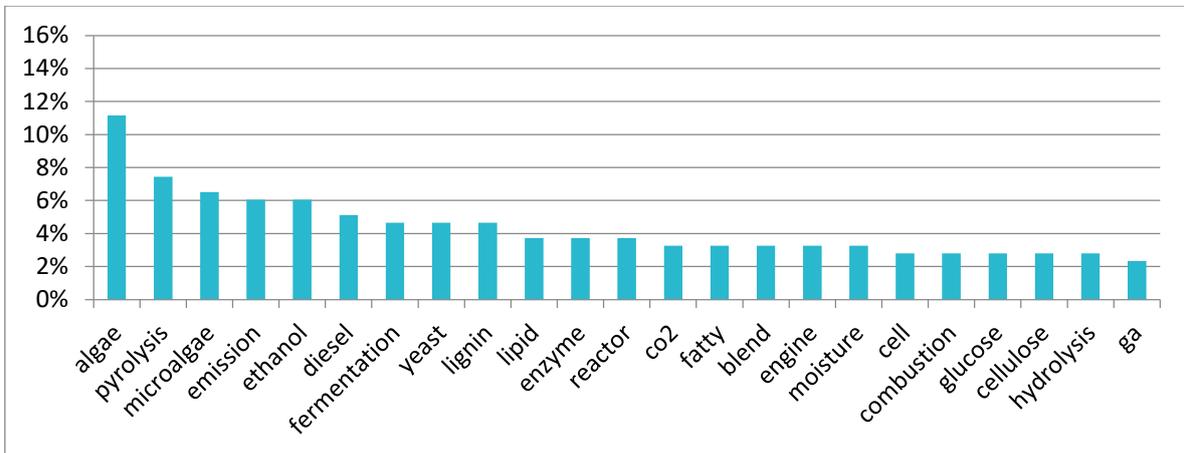


Figura 25 – Biocombustíveis, triénio 2013 a 2015, n=357

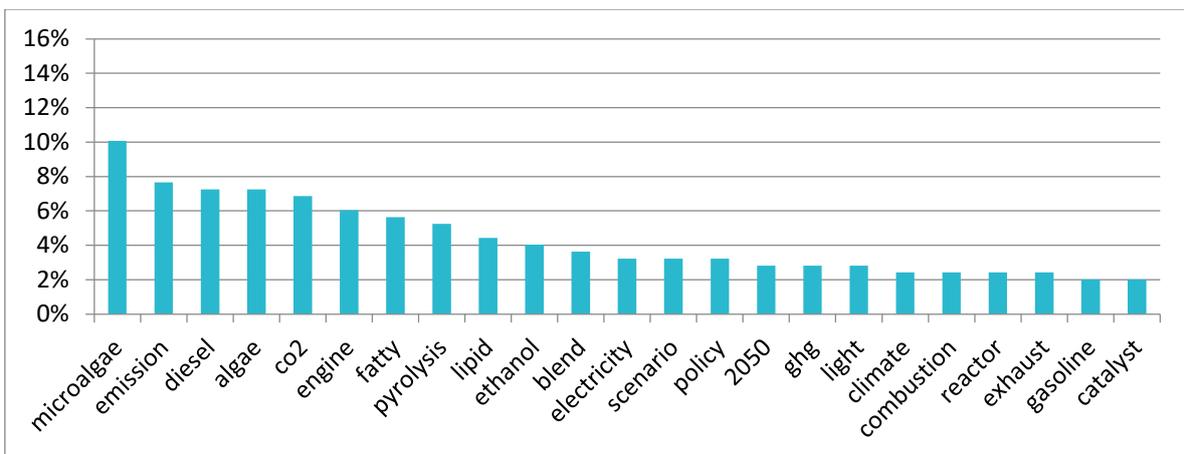


Figura 26 – Biocombustíveis, triénio 2014 a 2016, n=423

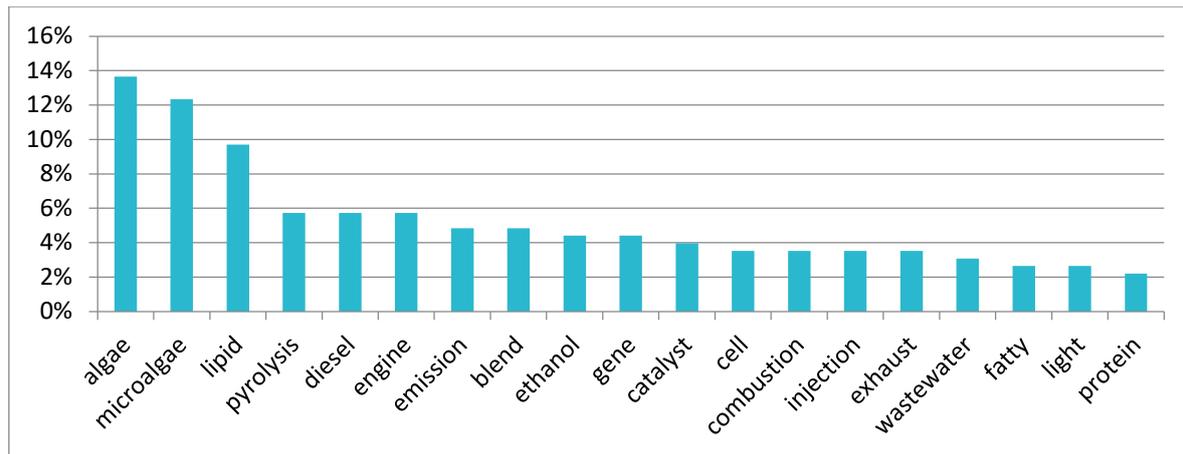


Figura 27 – Biocombustíveis, triénio 2015 a 2017, n=504

Impressões qualitativas sobre os temas centrais dos gráficos apresentados:

#### 2012 a 2014:

1. Desenvolvimentos/utilização de algas (algas e microalgas; tipicamente processadas através de hidrólise, extração ou liquefação hidrotérmica) e lenhina.
2. Tecnologias preponderantes: pirólise, gaseificação e fermentação.
3. Californium: genótipo de colza.
4. Menção relevante sobre políticas públicas “policy”.

#### 2013 a 2015:

1. Desenvolvimentos/utilização de algas (algas e microalgas), lenhina e leveduras.
2. Tecnologias: pirólise e fermentação.
3. Menção relevante sobre diesel, que conjuntamente com “blend” indica a preponderância de desenvolvimentos de mistura de biocombustíveis com combustíveis fósseis.
4. Menção relevante sobre políticas públicas “policy”.

#### 2014 a 2016:

1. Semelhante ao triénio anterior.
2. Aumento da preponderância das microalgas.
3. Destaque para o aparecimento estatisticamente relevante da palavra “scenario”. Tendo em conta o aparecimento num componente semântico com os termos “land, emission, bioenergy, policy, scenario, electricity, ghg, climate, CO2, 2050”, fica bem patente a motivação ambiental como uma das forças motrizes nos desenvolvimentos científicos na área dos biocombustíveis.



determinados recursos reveste-se de extremo interesse, não só pela sustentabilidade do processo, mas pelos custos aparentemente competitivos, face a outras tecnologias (Xiaoming Wan, Mei Lei, Tongbin Chen, “*Cost–benefit calculation of phytoremediation technology for heavy-metal-contaminated soil*”, *Science of the Total Environment*, Volumes 563–564, Pages 796-802, 2016), pese embora o facto de existirem ainda sérias dificuldades de aferição e comparabilidade.

Apresentam-se de seguida, as conclusões retiradas dos artigos científicos disponíveis nesta matéria.

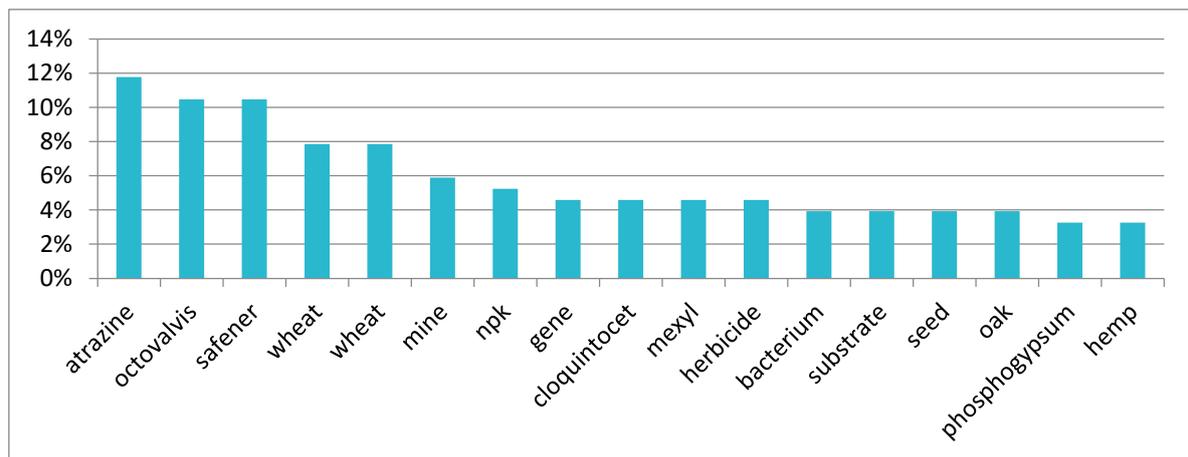


Figura 29 - Fitorremediação, 2013, n=9

**Octovalvis (*Ludwigia octovalvis*):** Planta utilizada na fitorremediação de solos contaminados com gasolina.

**EAPR:** electro-assisted and hydroponic phytoremediation. Fitorremediação hidropónica assistida eletricamente.

**GST (glutathione S-transferase):** família de isoenzimas utilizadas em fitorremediação.

**AO22 (*Achromobacter sp. strain AO22*):** Bactéria com potencial de redução de absorção de cádmio e incremento de absorção de zinco. **Cloquintocet (cloquintocet-mexyl):** herbicide safener - protetor de fitotoxicidade.

**Sunn hemp:** planta utilizada na fitorremediação de solos contaminados com selénio.

**Caprea (*Salix caprea L.*):** plantas com boas potencialidades de absorção de zinco e cádmio.

**Phosphogypsum:** fosfogesso.

**Thlaspi (*caerulescens*):** planta utilizada para fitorremediação de solos contaminados com alguns tipos de metais.

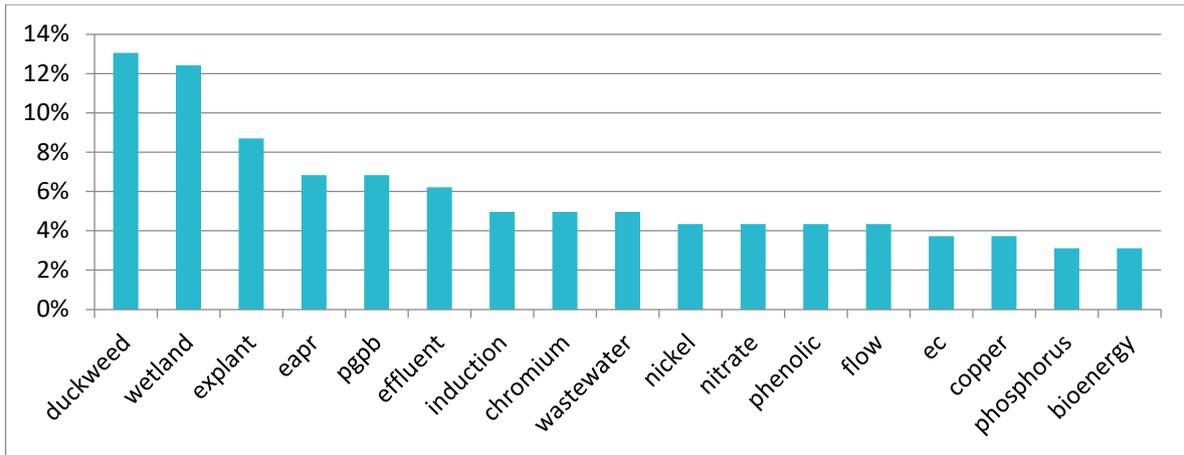


Figura 30 - Fitorremediação, 2015, n=8

**BCF (bioconcentration factor):** rácio entre a concentração de metais nas raízes e a concentração de metais no solo. Expressa a capacidade de uma planta transferir metais do solo para as raízes. Está relacionado com o indicador TF (fator de translocação) = concentração de metais nas folhas, caule e flores/concentração de metais nas raízes.

**Pggpb (plant growth promoting bacteria):** bactérias que induzem o crescimento de plantas.

**Lemna gibba L. (duckweed):** planta aquática utilizada na fitorremediação para remoção de metais, remoção de boro de água potável, etc.

**EC (electrical conductivity):** condutividade elétrica – parâmetro correlacionado com propriedades do solo que afetam a produtividade dos solos para a agricultura.

PCP (precision crop protection): proteção precisa de culturas.

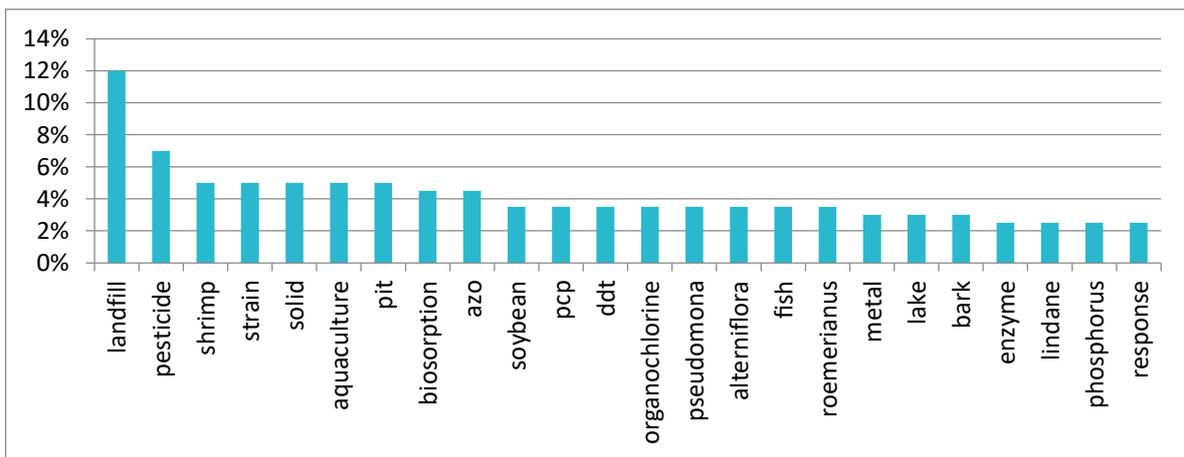


Figura 31 - Fitorremediação, 2016, n=7

**Lindane:** inseticida organoclorado.

**Azo (azo dye):** corantes azóicos.

**Alterniflora (*Spartina alterniflora*):** Referência a planta, variedade geneticamente modificada, para fitorremediação de solos contaminados com mercúrio.

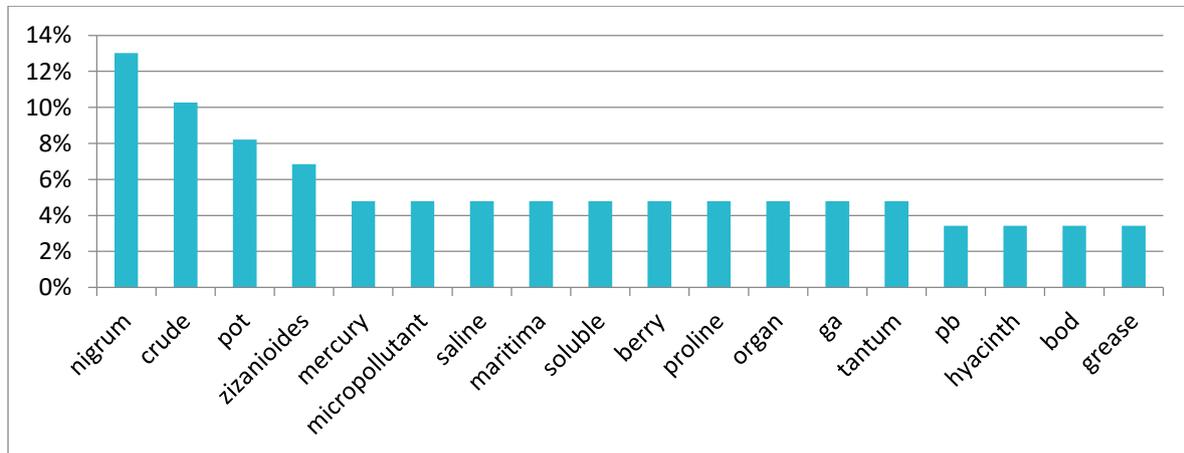


Figura 32 - Fitorremediação, 2017, n=7

**Vetiver (*vetiveria zizanioides*):** relva utilizada na remoção de diversos metais pesados em solos.

**Sarcotheca (*celebica*):** planta utilizada em fitorremediação.

**(*Solanum*) nigrum:** planta utilizada em fitorremediação.

**(*Juncus*) roemerianus:** planta utilizada na fitorremediação de zonas contaminadas com petróleo.

**(*Spartina*) marítima:** rizobactéria.

**Proline (*prolina*):** aminoácido.

**Ga:** gálio.

**Pb:** chumbo.

**Bod (*Biochemical oxygen demand*):** carência bioquímica de oxigénio.

**Hyacinth:** planta utilizada para fitorremediação de águas residuais, entre outras.

Impressões qualitativas sobre os temas centrais dos gráficos apresentados:

As amostras para cada um dos anos são de reduzida dimensão (devido à indisponibilidade de mais artigos open access). Ainda assim, observam-se, nos anos de análise (exclui-se o ano de 2014 devido ao diminuto número de artigos disponíveis nesse ano,  $n < 5$ ), diversos estudos preliminares sobre potenciais de absorção de certos poluentes, existindo dois grandes grupos de aplicação de

interesse: plantas com potencial de fitorremediação; utilização de bactérias para manipular o crescimento de plantas com potencial de fitorremediação.

Em síntese, no momento atual, os temas centrais no caso da Fitorremediação são:



Figura 33 - Temas centrais mais recentes no caso da Fitorremediação

### Aplicações industriais - fermentação

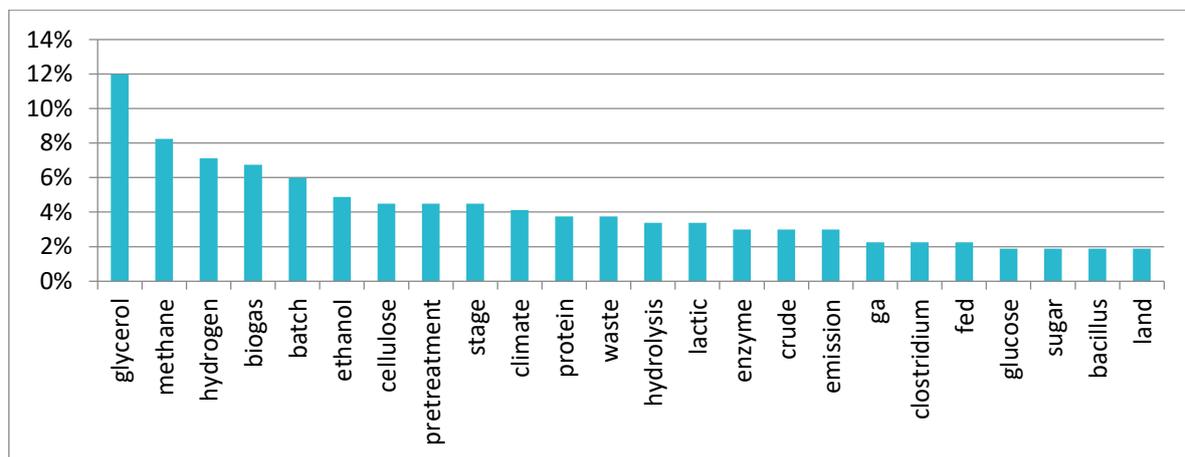


Figura 34 - Aplicações industriais, fermentação, 2014, n=122

Clostridium (botulinum): bactéria.

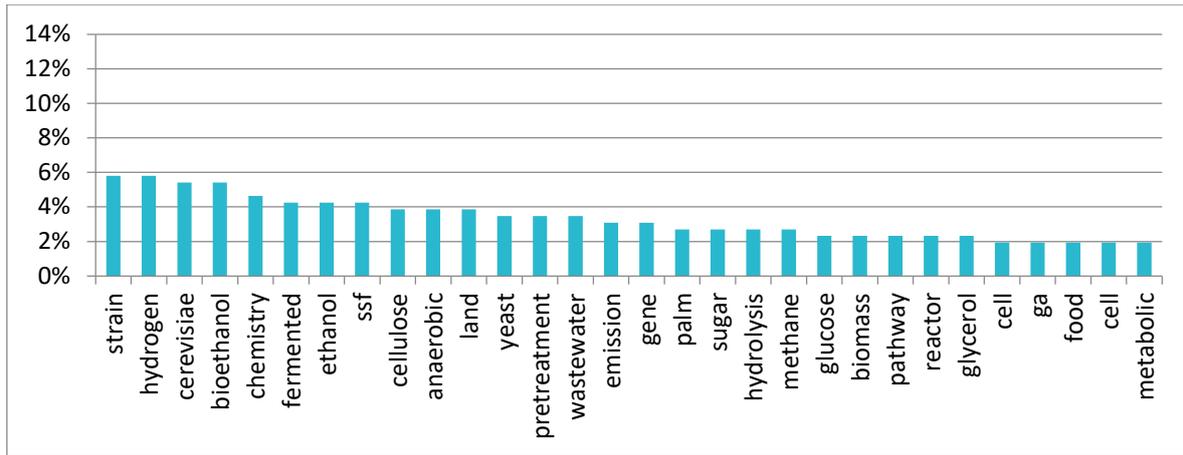


Figura 35 - Aplicações industriais, fermentação, 2015, n=154

**Saccharomyces cerevisiae:** espécie de levedura.

**SSF:** sacarificação e fermentação.

**Bacillus subtilis:** bacteria.

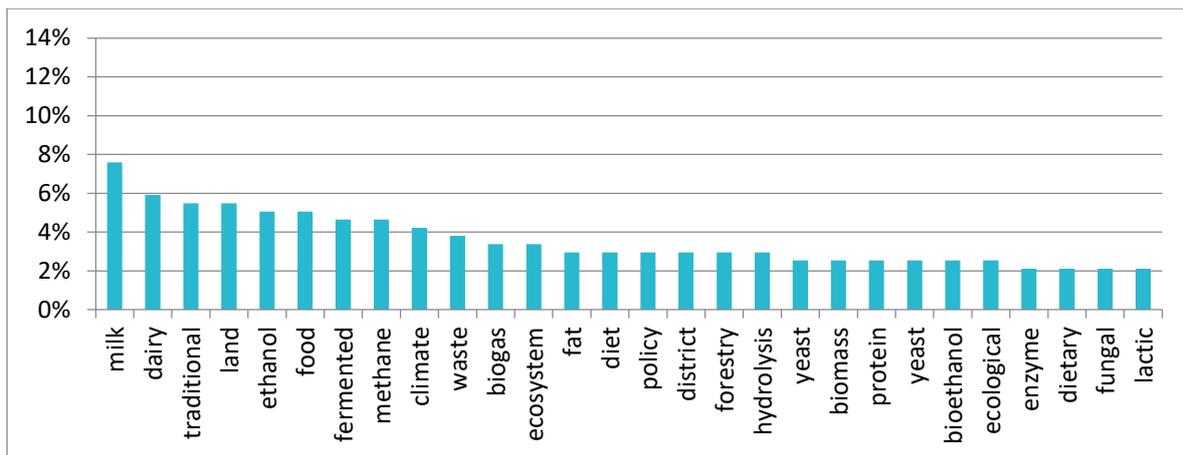


Figura 36 - Aplicações industriais, fermentação, 2016, n=179



### 3.2. Roadmaps tecnológicos

#### Bioeconomia verde

A previsão de tendências tecnológicas reveste-se, pela própria natureza da tarefa, de incertezas sérias ao nível da escolha de pressupostos que possam conduzir a análise da forma o mais sustentada possível. Revisões extensivas do paradigma atual são proibitivas, já que esse processo estaria a cada momento desatualizado, tal é o ritmo de inovação tendencialmente elevado de países desenvolvidos e a própria incerteza de mensurar a direção destes desenvolvimentos.

#### Agricultura

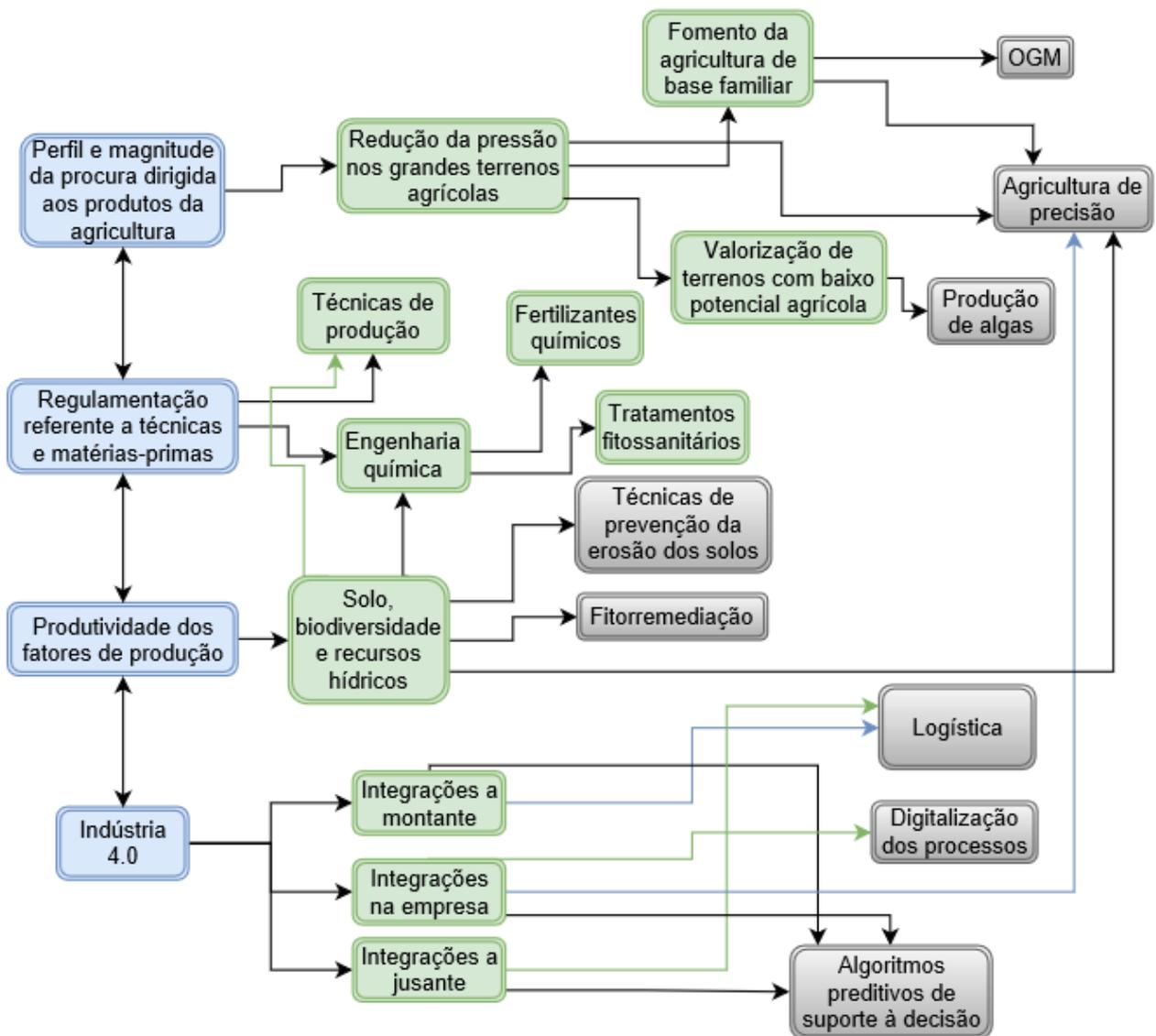


Figura 39 - Roadmap tecnológico da agricultura

Fonte: SPI

Forças económicas motrizes	
<b>Perfil e magnitude da procura dirigida aos produtos da agricultura</b>	As diversas utilizações para os produtos da agricultura são uma importante força económica motriz, tais como: têxteis, materiais de construção, indústria química, indústria farmacêutica, biocombustíveis etc.
<b>Regulamentação referente a técnicas e matérias-primas</b>	Na regulamentação incidente no que diz respeito a técnicas e matérias-primas (por exemplo, utilização de filme plástico) reside uma importante fonte de condução das tecnologias utilizadas no setor.
<b>Produtividade dos fatores de produção</b>	Décadas de práticas de agricultura insustentáveis, a par de acrescidas pressões nos terrenos agrícolas por via do aumento sustentado da procura por produtos agrícolas, determinam a monitorização e manutenção da produtividade dos principais fatores de produção da agricultura como centrais na competitividade do setor.
<b>Indústria 4.0</b>	Naturalmente que também na agricultura, a indústria 4.0 desempenhará um papel central. Residem aqui, inúmeras oportunidades de moldar o setor em direção a práticas mais sustentáveis e a uma integração plena na bioeconomia.

Áreas de intervenção	
<b>Redução da pressão nos grandes terrenos agrícolas</b>	A redução estável da pressão nos grandes terrenos agrícolas, devido aos fenómenos demográficos e ao perfil de consumo dirigido aos respetivos outputs é de certa forma inexequível, sendo apenas possível diminuir a correspondente aceleração. Na prática, qualquer intervenção/ tecnologia que incremente a produtividade dos terrenos agrícolas reveste-se de potencial de redução da aceleração da pressão sob os terrenos agrícolas. Esta margem é relevante não só do ponto de vista social, mas, no curto e médio-prazo, permite ao sistema científico e tecnológico, se devidamente apoiado pelo poder político, obter mais tempo para desenvolver soluções que contribuam para amenizar estes constrangimentos. O roadmap apresentado, uma simplificação das interações entre os fenómenos concorrentes para os desafios da agricultura, potencialmente integrada na bioeconomia, estabelece a agricultura de precisão e a utilização de

Áreas de intervenção	
	organismos geneticamente modificados (OGM), aliados ao fomento da agricultura de base familiar, como fatores potencialmente relevantes na redução da pressão dirigida aos grandes terrenos agrícolas. Neste contexto, será importante referir que a temática dos OGM ainda desperta uma relevante controvérsia no setor agrícola, sustentada pelo elencar das vantagens e desvantagens referidas pelos demais intervenientes no setor. Adicionalmente, deverá ser efetuada uma menção especial à conservação dos solos.
<b>Técnicas de produção</b>	A regulamentação de técnicas de produção agrícola deverá ser uma área de intervenção central. A este nível será relevante prevenir a erosão dos solos, a biodiversidade e em particular, a riqueza orgânica dos solos.
<b>Fertilizantes químicos e tratamentos fitossanitários</b>	As alternativas biológicas à aplicação de fertilizantes e tratamentos fitossanitários constitui uma área de intervenção crucial para amenizar as consequências negativas de décadas de práticas insustentáveis. Não só na aplicação direta de fertilizantes e tratamentos fitossanitários residem oportunidades de investigação. Como apresentado no observatório científico existem opções engenhosas que podem minimizar a necessidade futura de aplicação de químicos nocivos ao ambiente (Nkg (NKG-1): caldo de fermentação, cuja aplicação reduz substancialmente (até 60%) o crescimento de Botrytis Cinerea).
<b>Solo, biodiversidade e recursos hídricos</b>	Existem inúmeros fatores que influenciam a produtividade dos fatores de produção centrais para a agricultura. Tendo a análise sido focada no solo, biodiversidade e recursos hídricos, existem duas frentes de intervenção tecnológica prementes, nomeadamente, a utilização de técnicas de prevenção da erosão dos solos e técnicas de fitorremediação. Para maior facilidade de consulta, e sem pretensão de listar extensivamente todas as possibilidades, refere-se o já disposto no Estudo de Vigilância Tecnológica:  Cobertura de 100% do solo com vegetação, protegendo contra erosão do vento e da água; enrelvamento da entrelinha nas culturas permanentes; utilização de culturas complementares forrageiras de Outono-Inverno (em Portugal, a erosão dos solos por via da água das chuvas é um dos mais importantes fatores de degradação). Utilização de plantas pereniais (raízes mais profundas). Gestão do crescimento de vegetação espontânea e posterior integração no solo. Utilização de compostagem. Práticas agroflorestais de regeneração, que combinam árvores, arbustos, agricultura e ou pecuária. Rotação de solos. Alternativas de base biológica à utilização de químicos sintéticos. Técnicas de permacultura. Utilização de compostos para potenciar a formação de húmus. Técnicas

Áreas de intervenção	
	<p>de maximização de retenção de água nos solos (Keyline, etc.). Utilização de sementeira direta com outras técnicas de gestão agrícola (e.g. mobilização mínima). Utilização de nitrogénio orgânico.</p> <p>Relativamente à fitorremediação, a metodologia a aplicar dependerá do tipo de poluente e objetivo (para algumas referências, ver Observatório Científico referente à fitorremediação).</p>
<p><b>Indústria integrações</b></p>	<p><b>4.0:</b> Nas diversas integrações latentes no setor da agricultura, ao nível da indústria 4.0, a logística apresenta-se como vital na possibilidade de gerar mais valor e aumentar a eficiência da respetiva cadeia de valor. Neste domínio, o advento da condução autónoma de veículos será disruptiva no setor. A par disso, existe uma margem de progressão científica interessante ao nível da redução de perdas durante o transporte. Acresce ainda, em paralelo à utilização de técnicas de agricultura de precisão, a importância da utilização de algoritmos preditivos de suporte à decisão (para maior detalhe, ver secção referente à agricultura de precisão).</p>

### Agricultura de precisão

Devido à especificidade e complexidade tecnológica da agricultura de precisão, tendo em conta o contributo que se entrevê central na migração para a indústria 4.0, optou-se por detalhar isoladamente o roadmap tecnológico referente à agricultura de precisão:

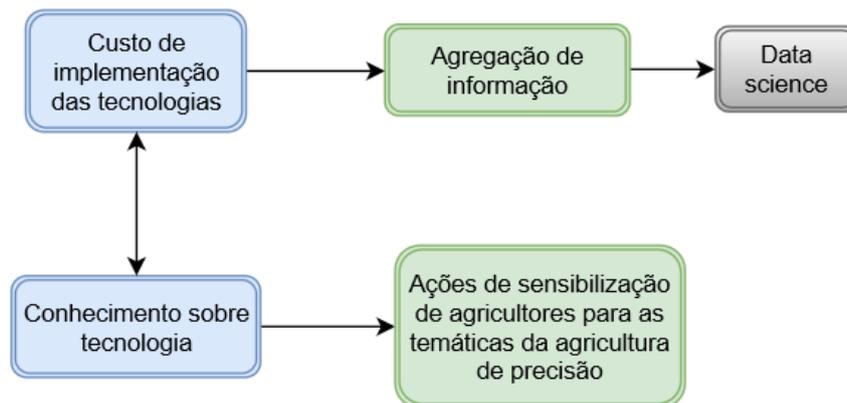


Figura 40 - Roadmap tecnológico da agricultura de precisão

Fonte: SPI

Áreas de intervenção	
<b>Agregação de informação</b>	A combinação de diversas fontes de informação (sensorização; monitorização in-situ; monitorização remota) poderá ser uma importante via de redução de custos em explorações agrícolas. Por outro lado, a utilização de data science poderá ajudar agricultores de média e pequena dimensão, a beneficiar de iniciativas de colaboração, cruzando dados entre si.

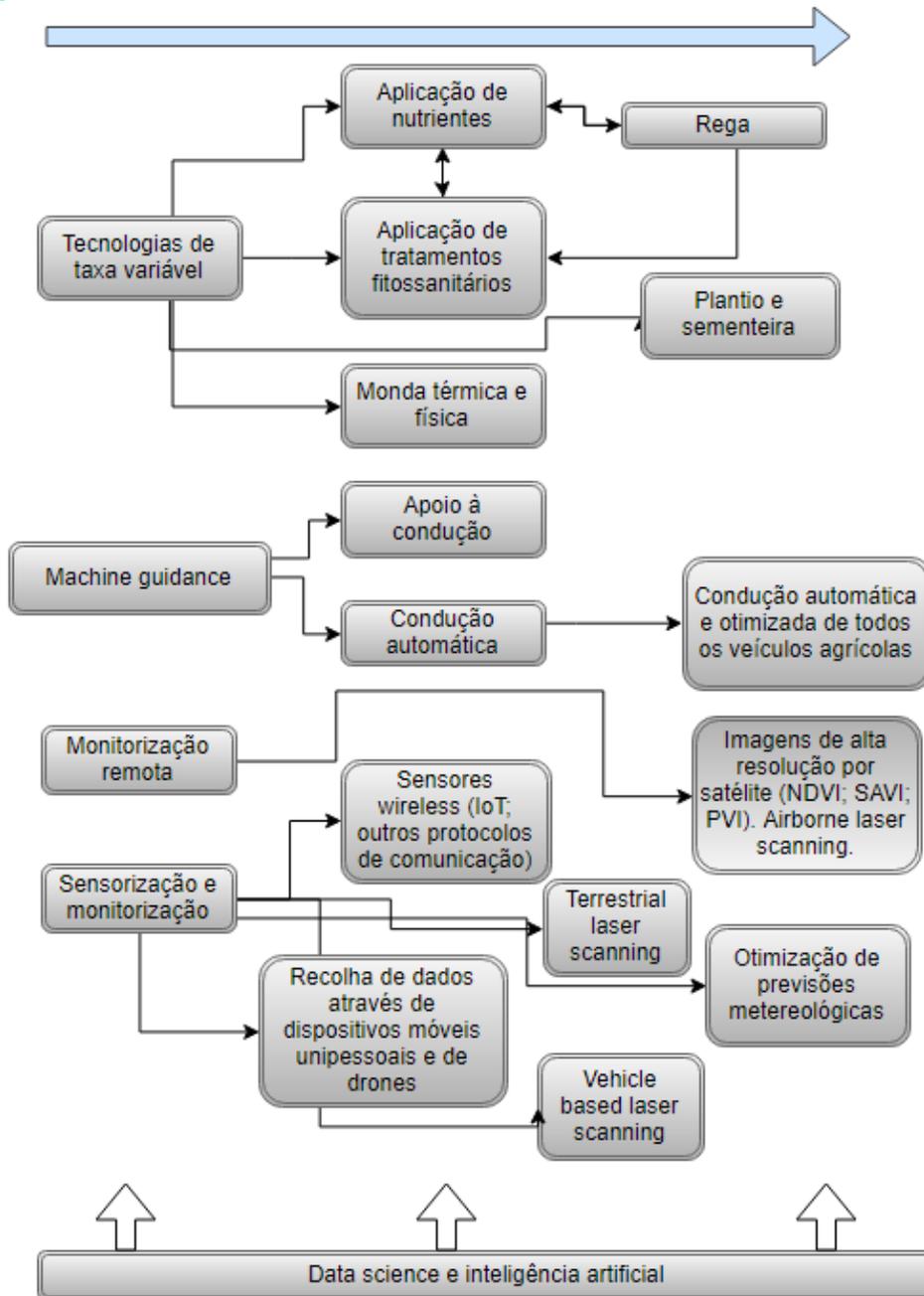


Figura 41 – Agricultura, ordenação de tecnologias por complexidade

Fonte: SPI

A generalidade das tecnologias utilizadas na agricultura de precisão tem maturidade elevada e é comumente implementada em grandes explorações agrícolas. Do ponto de vista tecnológico, existe espaço de evolução verosímil ao nível da integração de diversas fontes de informação (tendencialmente com recurso a técnicas de data science) em direção a dois grandes fenómenos:

- Redução de custos para o pequeno agricultor.
- Melhoria da precisão das previsões e ações corretivas, num movimento de “agricultura de precisão colaborativa”, aplicável a determinadas técnicas (sobretudo monitorização in-situ e monitorização remota). Por exemplo, através da combinação de inputs de diversas explorações de uma dada região, sendo assim possível detetar mais antecipadamente determinadas doenças.

Outra tendência tecnológica extremamente relevante, tal com identificado no observatório científico, é a utilização de técnicas de inteligência artificial, mais especificamente, com recurso a reconhecimento de imagem, para monitorização e otimização da produção agrícola.

Do ponto de vista da organização de mercado, conclui-se também que uma maior harmonização nos equipamentos de agricultura de precisão induziria uma maior adoção destas tecnologias.

Será importante referir que estas diretrizes se encontram igualmente refletidas em vários estudos de revisão do estado da arte desta temática, com particular destaque para o *Precision Agriculture: an opportunity for EU farmers – Potential support with the cap 2014-2020* (2014) e o *Precision agriculture in Europe – Legal, social and ethical considerations* (2017), ambos desenvolvidos no âmbito da atividade do Parlamento Europeu.

### Silvicultura e exploração florestal

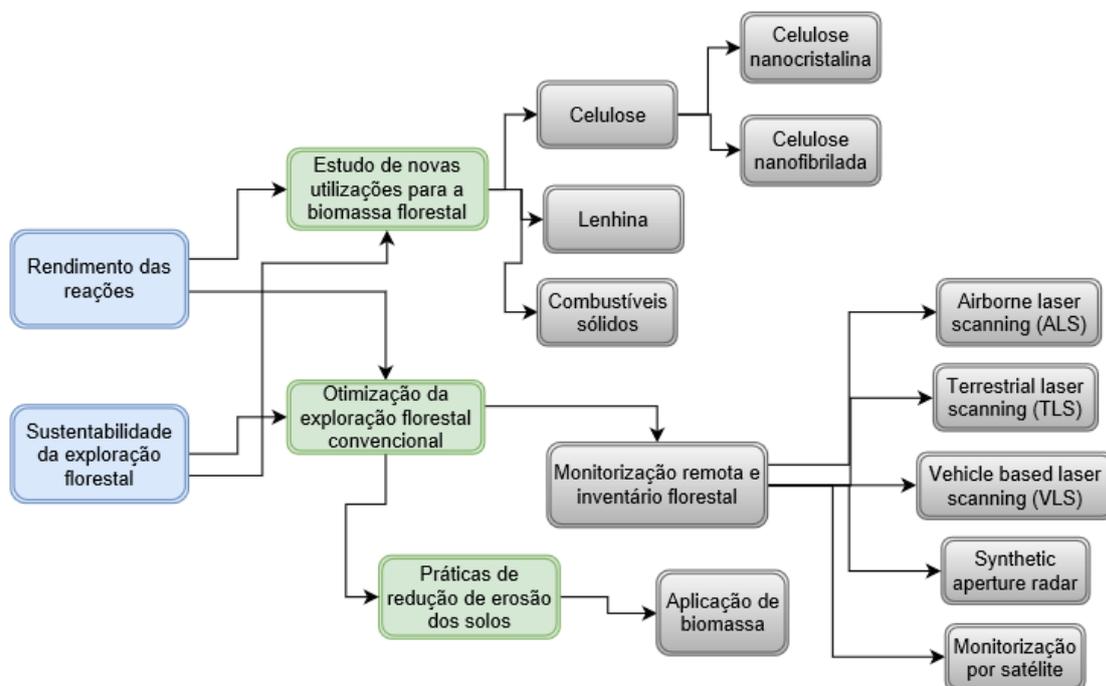


Figura 42 - Roadmap tecnológico silvicultura e exploração florestal

Fonte: SPI

Forças económicas motrizes	
<b>Rendimento económico da floresta</b>	Todas as atividades económicas estão naturalmente dependentes do respetivo rendimento. O caso da floresta é particularmente devido ao elevado número de anos entre a plantação/sementeira e o corte, processo especialmente sujeito a fenómenos naturais como os incêndios florestais. Este conhecido binómio, número de anos até ao corte/possibilidade de destruição pelo fogo, pressiona a opção por espécies de crescimento rápido. Neste domínio, novas utilizações para a biomassa florestal têm o potencial de fazer pender a balança para práticas de exploração florestal mais sustentável, do ponto de vista da manutenção da biodiversidade e da conversação dos solos, conforme reitera o estudo publicado pelas Nações Unidas sobre os desafios e tendências subjacentes à exploração florestal (United Nations Economic Commission for Europe, 2015).
<b>Sustentabilidade da exploração florestal</b>	Diretamente relacionada com a dimensão anterior, a sustentabilidade da exploração florestal, isto é, a capacidade dos solos para a contínua exploração florestal representa uma força económica motriz relevante para a exploração florestal poder integrar-se firmemente no seio da bioeconomia. Esta perspetiva encontra-se vertida no estudo desenvolvido pelo Instituto Europeu da Floresta intitulado <i>Forest bioeconomy – a new scope for sustainability indicators</i> (Wolfslehner et al., 2016).

Áreas de intervenção	
<b>Estudo de novas utilizações para a biomassa florestal</b>	Desenvolvimentos recentes de utilização de biomassa florestal em produtos de maior valor acrescentado possuem o potencial de acelerar a cadeia de valor nascente da exploração florestal. Algumas aplicações particularmente relevantes: fibra de carbono com base em lenhina (Axegard et al., 2015), lenhina para produção de substitutos de petroquímicos; nanocelulose para diversas aplicações, designadamente, termoplásticos, indústria têxtil, construção civil, eletrónica, aplicações médicas, etc. (Alkhagen et al., 2015; Lindstrom et al., 2015).
<b>Otimização da exploração florestal convencional</b>	O setor de exploração florestal caracteriza-se, entre outros, por possibilidades interessantes de otimização em, essencialmente, dois domínios: monitorização remota e inventário florestal; práticas de redução

Áreas de intervenção	
	<p>da erosão dos solos. No que diz respeito à monitorização remota e inventário florestal, os possíveis avanços na agricultura de precisão serão com certeza uma boa base de partida, já que na exploração florestal as dificuldades inerentes à sinuosidade dos terrenos florestais acrescem complexidade. Existem tecnologias maduras desenvolvidas para os fins mencionados, sendo necessário fazer avançar a integração e combinação de diversos outputs para uma mais precisa avaliação e monitorização. Relativamente às práticas de redução da erosão dos solos, o agente económico singular possui pouco incentivo a implementar as técnicas já existentes, pelo que a sua adoção estará fortemente dependente de medidas políticas que a isso induzam.</p>

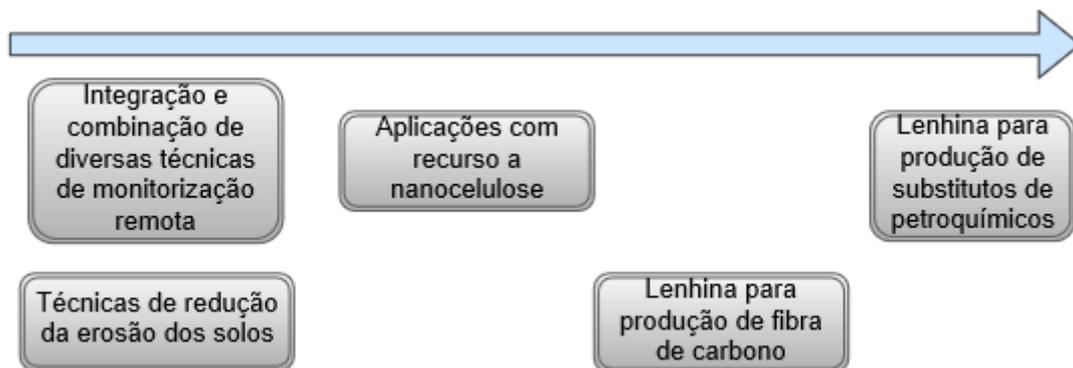


Figura 43 – Silvicultura e exploração florestal, ordenação de áreas tecnológicas por complexidade

Fonte: SPI

Do ponto de vista da silvicultura e exploração florestal, os desenvolvimentos tecnológicos associados são comparativamente menos complexos do que os possíveis no que toca à transformação dos seus produtos. De facto, reside a jusante da exploração florestal, um potencial enorme, que concretizado, contribuirá fortemente para incrementos de implementação de práticas mais eficientes de exploração florestal. Tendo em conta as aplicações identificadas para a biomassa florestal, a velocidade da escassez de petróleo para produção de derivados ditará, em parte, o ritmo de investigação e desenvolvimento nos respetivos domínios tecnológicos.

## Bioeconomia Branca

### Aplicações industriais

No largo domínio das aplicações industriais, existem elementos centrais na origem de diversos produtos, nomeadamente: propano-1,3-diol; ácido láctico; ácido poliláctico; poliidroxicanoatos; ácido adípico; ácido acético; ácido succínico. As aplicações são diversas:

Aplicações	<p><b>Propano-1,3-diol:</b> tintas, adesivos, revestimentos, laminados, hidrocarbonetos alifáticos, etc.</p> <p><b>Ácido láctico:</b> indústria alimentar (produção de produtos lácteos; como conservante; descontaminante no processamento de carnes; produção de cerveja; vinificação), indústria química (detergentes), indústria farmacêutica, produção de fibras (hemicelulose).</p> <p><b>Ácido poliláctico:</b> polímero termoplástico biodegradável com utilização na indústria alimentar (embalamento de alimentos frescos, garrafas, etc.) e na indústria de equipamentos médicos, onde a biodegradabilidade seja conveniente (6 a 12 meses).</p> <p><b>Poliidroxicanoatos:</b> polímeros totalmente biodegradáveis, biocompatíveis e de origem biológica, com potencial para substituir polímeros sintéticos em revestimentos, embalagens e com aplicação também na área da saúde.</p> <p><b>Ácido acético:</b> indústria química e indústria alimentar.</p> <p><b>Ácido adípico:</b> produção de fibras de nylon-6,6. Utilizações várias na produção de resinas, adesivos, plastificantes, lubrificantes, indústria alimentar, indústria farmacêutica, poliuretanos.</p> <p><b>Ácido succínico:</b> indústria alimentar, indústria farmacêutica, indústria de produtos de higiene pessoal, indústria química (pesticidas; corantes; lacas e vernizes, etc.; bioplástico biodegradável).</p>
------------	---

Observando as tecnologias aplicáveis à obtenção destes elementos através de biomassa de diversas fontes, denota-se uma preponderância de técnicas e fases de fermentação. Por esse motivo, a ordenação de tecnologias por complexidade mais adiante será feita para este contexto.

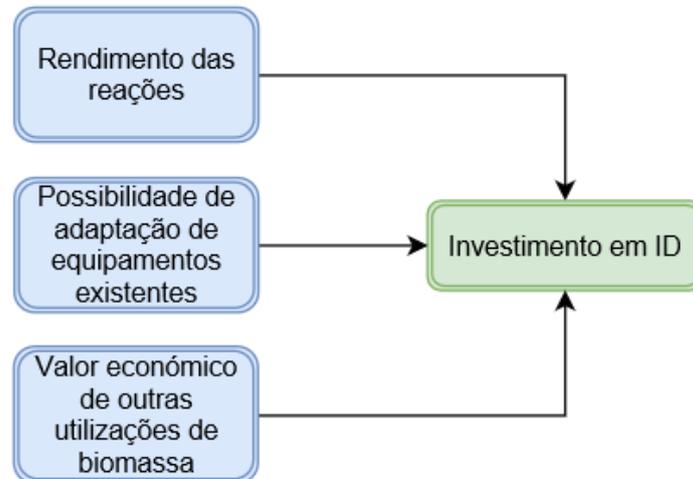


Figura 44 - Roadmap tecnológico de aplicações industriais, fermentação

Fonte: SPI

Forças económicas motrizes	
<b>Rendimento das reações. Possibilidade de adaptação de equipamentos existentes. Valor económico de outras utilizações de biomassa</b>	Embora se apresentem as forças económicas motrizes separadamente, todas derivam diretamente da interação económica entre rendimento das reações, custos de produção, usos concorrenciais de biomassa e preço dos bens substitutos (petroquímicos, etc.).

Áreas de intervenção	
<b>Investimento em ID</b>	Como se verá adiante, na ordenação de tecnologias por complexidade, existe considerável necessidade de investimento em ID para que se consiga competir concorrencialmente, do ponto de vista de aplicações industriais, com outras utilizações de biomassa. Em termos de complexidade tecnológica e nível de maturação das tecnologias, poucas vias de produção de bioprodutos se encontram em comercialização (primeiro nível vertical na ordenação de tecnologias por complexidade).

Embora não figure dentro da aplicação de tecnologias de fermentação (ainda que constitua uma fase anterior à aplicação de tecnologias em desenvolvimento), faz-se aqui menção especial aos poli(hidroxialcanoatos) (PHA), dado o seu elevado interesse industrial (polímeros totalmente

biodegradáveis, biocompatíveis e de origem biológica, com potencial para substituir polímeros sintéticos em revestimentos, embalagens e com aplicação também na área da saúde) (Figura 45).

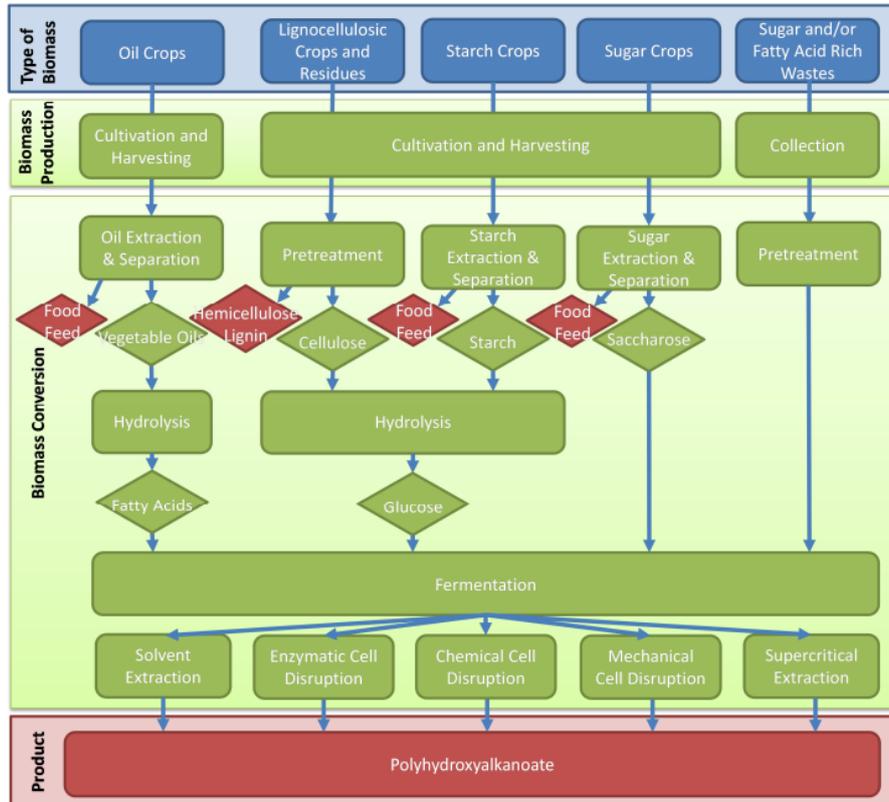


Figura 45 - Cadeias de produção de PHA

Fonte: Joint Research Centre

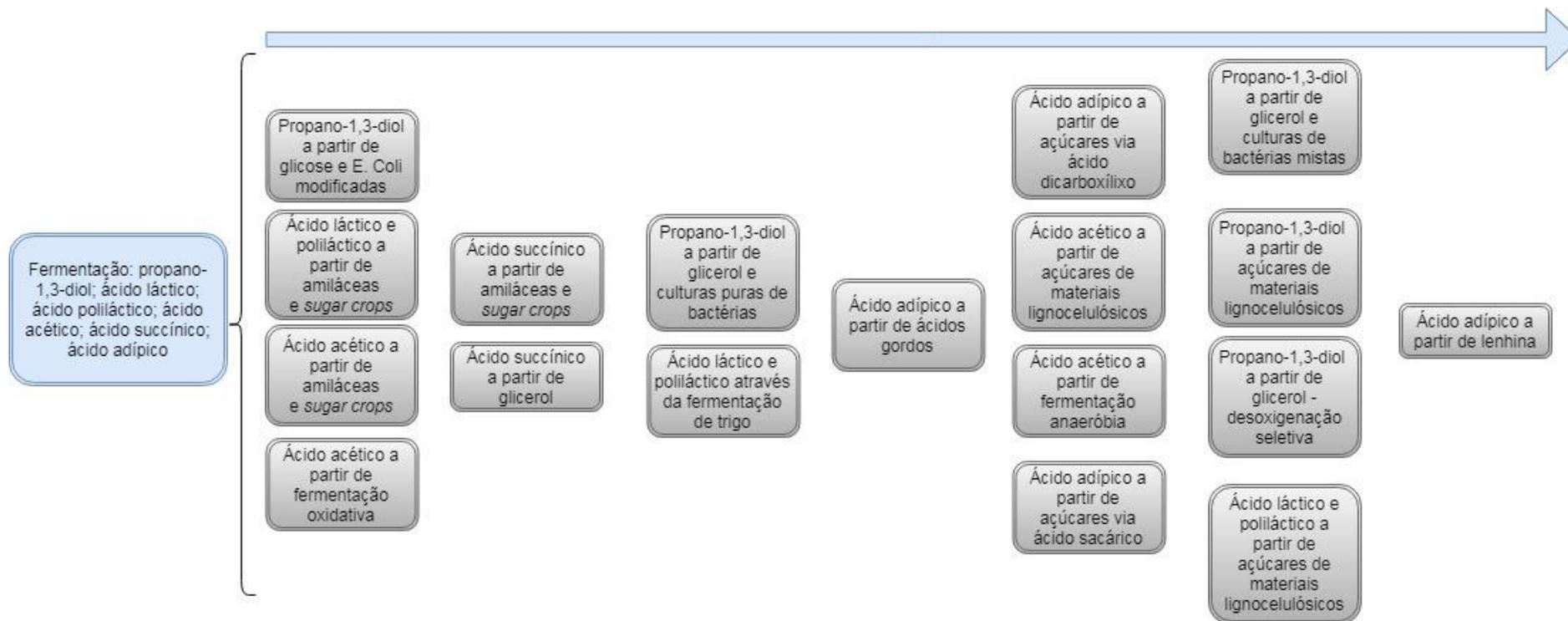


Figura 46 – Aplicações industriais (fermentação – vias e fontes de biomassa), ordenação de tecnologias por complexidade

Fonte: Joint Research Centre

## Biocombustíveis

Tendo em conta a especificidade das tecnologias aplicadas para obtenção de biocombustíveis, bem como o elevado interesse e investimento nesta área de investigação (conforme se encontra espelhado em diversos estudos desenvolvidos neste âmbito, onde se destaca o *SIRA - Strategic Innovation and Research Agenda* efetuado pelo *Bio-based Industries Consortium* (BIC), cujo objetivo central consiste em acelerar o desenvolvimento sustentável das cadeias de valor pertencentes à bioindústria na Europa (Bio-based Industries Consortium, 2013)), é possível apresentar informação consideravelmente detalhada no que diz respeito à evolução das tecnologias que lhe dizem respeito.

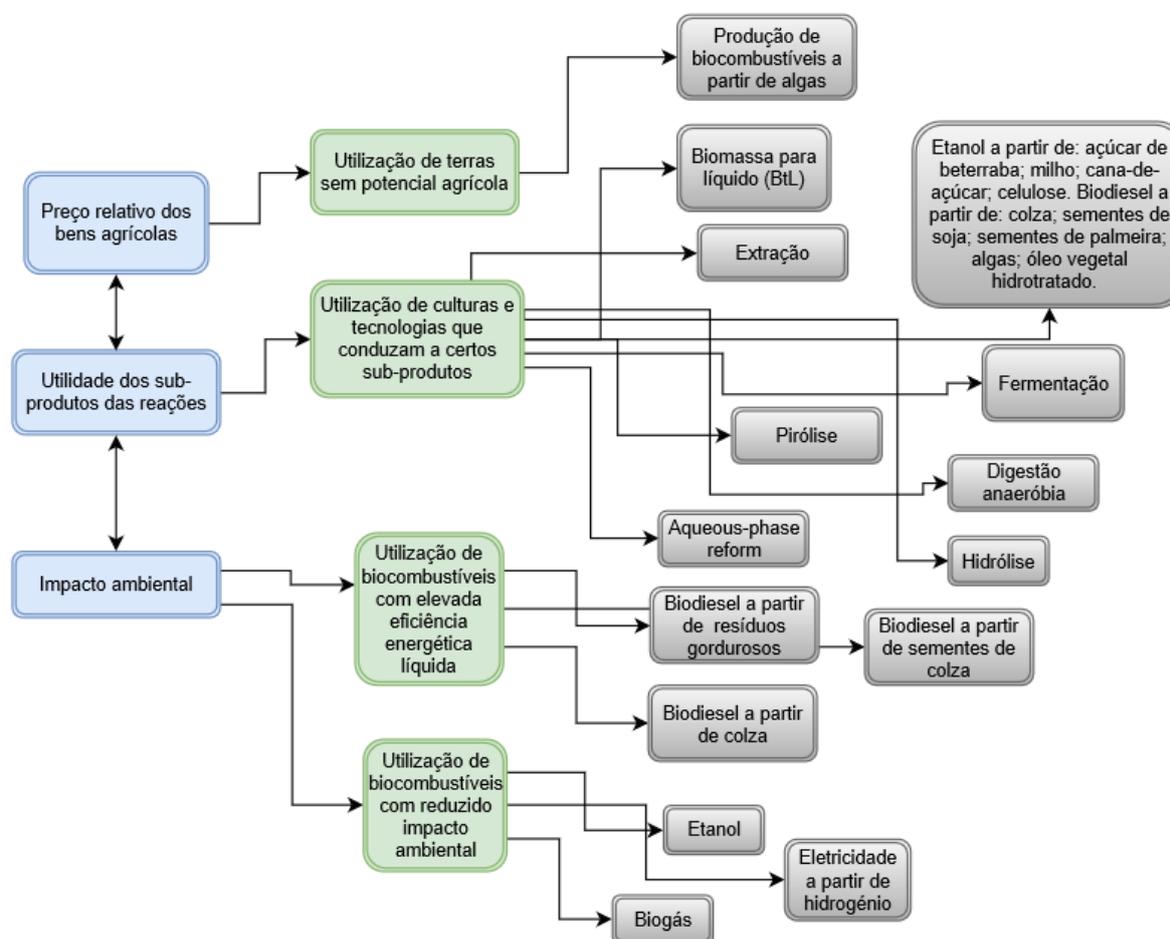


Figura 47 – Roadmap tecnológico dos biocombustíveis

Fonte: SPI

Forças económicas motrizes	
<b>Preço relativo dos bens agrícolas</b>	O preço relativo dos bens agrícolas tenderá a influenciar a opção dos detentores de explorações agrícolas, nos casos aplicáveis, no que diz respeito à utilização de áreas agrícolas para produção de alimentação animal/humana ou de matéria-prima a indústria de biocombustíveis.
<b>Utilidade dos subprodutos das reações</b>	Tendo em conta o objetivo último da bioeconomia, isto é, a utilização de recursos biológicos de forma sustentável, a utilidade dos subprodutos das reações que conduzem à obtenção de biocombustível é um aspeto de vital importância em termos de especialização e seleção tecnológica.
<b>Impacto ambiental</b>	Esta força económica motriz é particularmente relevante para toda a cadeia de valor dos biocombustíveis, onde a intervenção estatal tem o potencial de conduzir a determinados percursos tecnológicos.

Áreas de intervenção	
<b>Utilização de terras sem potencial agrícola</b>	Tendo em conta a pressão sobre os fatores de produção para alimentação humana e animal, é óbvia a necessidade de utilizar de forma inovadora terras sem potencial agrícola para a produção de biocombustíveis, neste caso, através da produção de algas.
<b>Utilização de culturas e tecnologias que conduzam a certos subprodutos</b>	Dado o requisito de circularidade que se pretende na economia circular, existem certas culturas e tecnologias mais passíveis de atingir esse objetivo.
<b>Utilização de biocombustíveis com elevada eficiência energética líquida</b>	Num sistema em que concorrem diversos fatores económicos, a eficiência energética dos biocombustíveis é central à sua alargada adoção, o que influenciará, naturalmente, enveredar-se por este ou aquele percurso tecnológico.
<b>Utilização de biocombustíveis com reduzido impacto ambiental</b>	A cadeia de valor dos biocombustíveis, além de extensa, é suscetível de soluções com diversos níveis de eficiência ambiental, pelo que certas tecnologias, tendo em consideração o impacto ambiental de toda a cadeia de valor, são preferíveis. Relativamente à “Utilização de biocombustíveis com elevada eficiência energética líquida”, apresentam-se os três biocombustíveis com maiores eficiências energéticas líquidas (biomass to wheel).

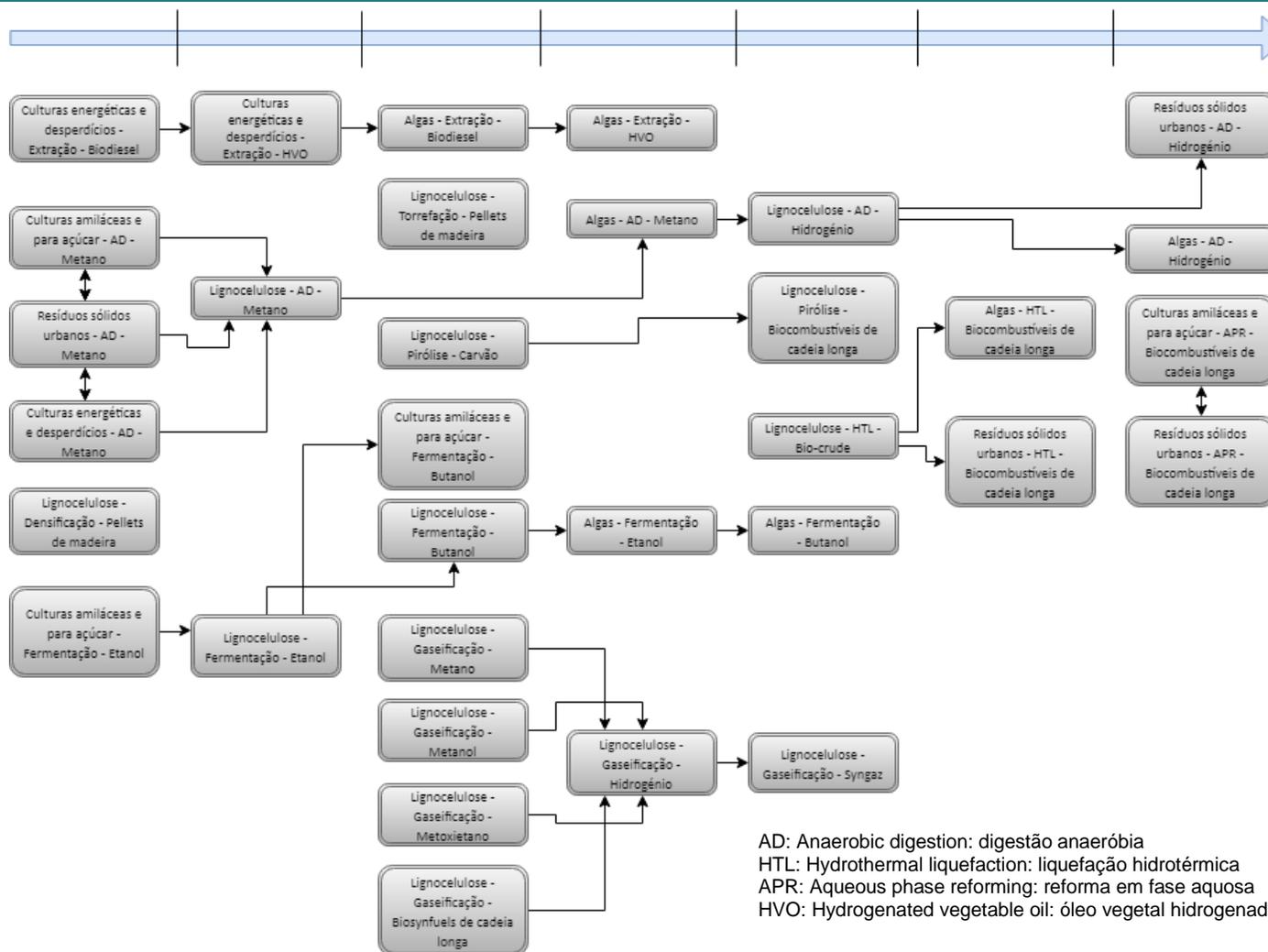


Figura 48 – Biocombustíveis, ordenação de tecnologias por complexidade  
 Fonte: United Nations University World Institute for Development Economics Research

### Algumas notas de análise relevantes:

1. Cada retângulo possui informação sobre (matéria-prima) - (tecnologia/ processo de conversão) - (biocombustível).
2. Como observável, cada percurso tecnológico é apresentado com base numa dada tecnologia, ainda que a base de aplicação seja distinta.
3. Do ponto de vista estratégico, a sustentabilidade e sensatez de enveredar por determinado percurso tecnológico, no que aos biocombustíveis diz respeito, depende de uma multitude de fatores particularmente dinâmicos e exógenos aos próprios desenvolvimentos tecnológicos, como sejam: políticas de apoio à investigação, desenvolvimento e produção; desenvolvimentos noutras áreas que competem com os fatores-base de produção ou avanços tecnológicos na mobilidade elétrica.

# Capítulo 4

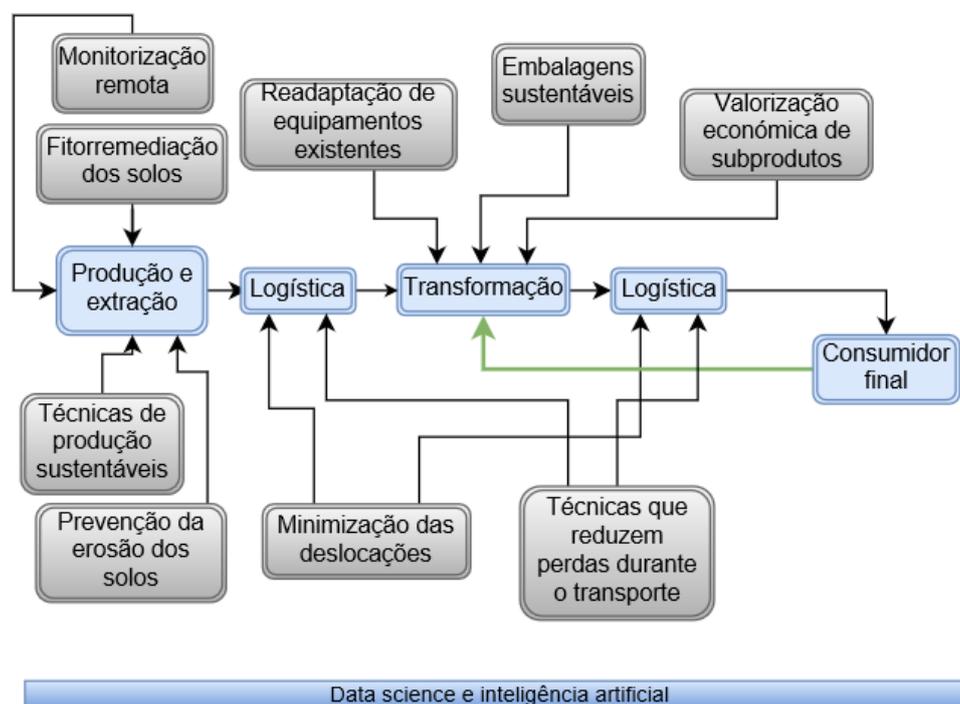
## 4. Conclusões

Com base numa extensa análise bibliográfica e através da aplicação de uma técnica de processamento de linguagem natural a milhares de artigos, foi possível expor determinados percursos tecnológicos de verosímil concretização num futuro breve. Tendo em conta a magnitude das implicações inerentes à definição de bioeconomia, a concretização de muitos dos desenvolvimentos depende fortemente de iniciativas de organização de mercado, quer através do fomento do investimento e integração de ID em determinadas áreas, quer através da regulamentação que possa incentivar os agentes económicos a outras vias de especialização tecnológica.

### Bioeconomia verde

#### Agricultura

Simplisticamente, a cadeia de valor em que a agricultura se insere, pode esquematizar-se, em termos de necessidades prementes de intervenção, da seguinte forma:



No caso do setor agrícola, é possível enunciar três grandes movimentos tecnológicos relevantes:

1. Agricultura de precisão.
2. Prevenção da erosão dos solos.
3. Integração em cadeias de valor de natureza indústria 4.0.

No que concerne à agricultura de precisão, a pequena escala dos produtores agrícolas poderá ser superada, em termos de possibilidade de implementação destas tecnologias, pela colaboração com outros produtores em termos de acesso a monitorização remota por satélite, combinação de *inputs* de monitorização meteorológica e de fatores de produção (luminosidade, condutividade elétrica, etc.).

No domínio da prevenção da erosão dos solos, os avanços não dependem, grosso modo, de progressos científicos, mas sim de incentivo para implementação de práticas já bem conhecidas.

Por outro lado, a integração em cadeias de valor de natureza indústria 4.0 torna-se relevante e em estreita ligação com as metodologias de agricultura de precisão.

Importa ainda destacar a importância da dimensão logística para o setor, nomeadamente ao nível das perdas durante o transporte, área de intervenção onde será pertinente investir esforços.

Conforme foi anteriormente destacado, as embalagens são também um aspeto crucial e onde é possível intervir, também com produtos da agricultura em substituição dos derivados de petróleo (consultar a secção referente às aplicações industriais – e.g. poli-dioxialcanoatos).

### **Silvicultura e exploração florestal**

No que toca à silvicultura e exploração florestal, independentemente da utilização final dos seus subprodutos, existem duas dimensões centrais:

1. Monitorização e inventário florestal.
2. Prevenção da erosão dos solos.

No domínio da monitorização e inventário florestal, o principal percurso tecnológico reside em avanços de reconhecimento de imagem e na combinação de outras tecnologias que possam ajudar a suprir as imprecisões inerentes à utilização de um só *input* num contexto de difícil análise remota. Os avanços ao nível da agricultura de precisão, paralelamente, poderão ser relevantes para este contexto, mas o problema de inventariação florestal é, em certas dimensões, mais complexo.

Também neste setor, a prevenção da erosão dos solos é vital. A nível nacional, a aceleração da erosão por via da influência dos incêndios florestais é preocupante e carece de maior investimento que a previna. Uma prática já bem estabelecida é a designada *Helimulching* (aplicação de palha via aérea em áreas com elevado risco de erosão, em possível combinação com valas, vedações e coberturas artificiais biodegradáveis).

Nesse sentido, a utilização final dos seus subprodutos (maior valor acrescentado), como identificado, poderá ajudar o setor a ter condições de investimento em ID e de implementação de tecnologias e práticas das duas dimensões anteriormente referidas.

Apresenta-se também neste domínio, a fitorremediação, uma aplicação ambiental de interesse para a remediação de solos contaminados com diversos tipos de poluentes. O facto de se utilizarem plantas para estes efeitos confere benefícios em termos de custo-benefício, mas implica cuidados adicionais, desde logo, a prevenção na cadeia alimentar destes elementos nocivos. A fitorremediação é uma área de investigação científica ativa e que merece observação atenta e ponderação cuidada.

## **Bioeconomia branca**

### **Aplicações industriais – fermentação**

Perante a existente diversidade de aplicações industriais, o domínio de aplicação de técnicas de fermentação a diferentes tipos de matérias-primas apresenta elevada pertinência para a bioeconomia, contribuindo para que sejam substituídos recursos não renováveis e com elevado impacto ambiental numa série de produtos do nosso quotidiano. Observam-se já diversos avanços na produção e substituição destes produtos, mas a grande generalidade dos avanços tecnológicos previstos nestes domínios necessitará de investimento intensivo para que se atinja um patamar concorrencial pelo menos a par das alternativas não renováveis.

### **Biocombustíveis**

No que concerne a produção de biocombustíveis, esta área tecnológica depende fortemente das outras finalidades a que a respetiva matéria-prima se destina. Acresce ainda existir a pressão dos desenvolvimentos ao nível de veículos elétricos, como potencial estrangimento ao investimento em ID para produção de biocombustíveis. Como detetado no Observatório Científico, existe um elevado interesse na produção de biocombustíveis através de algas. Sobre este ponto, é importante apontar que os terrenos agrícolas com reduzido potencial produtivo poderão ser orientados para estes fins.

Em suma, o presente roadmap tecnológico sobre a bioeconomia branca e verde, mediante a delimitação referida, aconselha as seguintes iniciativas/necessidades:

1. Sessões de esclarecimento sobre tecnologias de agricultura de precisão.
2. Sessões de esclarecimento sobre tecnologias de monitorização e inventário florestal.
3. Laboratórios sobre técnicas de agricultura sustentável, com enfoque nas questões de erosão do solo.
4. Laboratório sobre técnicas de fitorremediação, com interesse para ações concertadas de entidades governativas.

5. Sessões de esclarecimento sobre bioprodutos, com potencial de alterar o mix de culturas dos produtores agrícolas e florestais.
6. Laboratório de bioprodutos, em colaboração com os agricultores e exploradores florestais.
7. Laboratório sobre técnicas de conservação durante o transporte de produtos agrícolas.
8. Sessões de criatividade e esclarecimento sobre as consequências da indústria 4.0 para a agricultura.

A bioeconomia representa e representará oportunidades económicas sem igual, combinando simultaneamente a sustentabilidade e equilíbrio ambiental. Pela sua transversalidade a tantos setores da economia, a transição para uma plena bioeconomia será um processo moroso, de gradual incremento da sustentabilidade da exploração de recursos biológicos que prevê. Só a ação concertada de todos os intervenientes nestes domínios, onde os consumidores desempenham um papel também crucial, será possível migrar em direção a uma bioeconomia plena e que crie níveis de riqueza sustentáveis.

# Bibliografia

## Bibliografia

- Alkhagen, M., Samuelsson, A., Aldaeus, F., Gimaker, M., Ostmark, E. e Swerin, A. (2015). Roadmap 2015 to 2025 – Textile materials from cellulose. RISE - Research Institutes of Sweden.
- Associação dos Centros de Empresa e Inovação Portugueses. (2013). Caracterização do Setor: Biotecnologia. Estudo desenvolvido no âmbito do projeto "Promoção e Dinamização de Clusters Tecnológicos Emergentes".
- Axegard, P. e Hansson, H. (2015). Roadmap 2015 to 2025 – Lignin-bases carbon fibres. RISE - Research Institutes of Sweden.
- Bio-based Industries Consortium (2013). Strategic Innovation and Research Agenda (SIRA). Bio-based and Renewable Industries for Development and Growth in Europe.
- Bugge, M. M., Hansen, T., & Klitkou, A. (19 de Julho de 2016). What is Bioeconomy? A Review of the Literature. (G. Ioppolo, Ed.) Sustainability, 1-22.
- Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Alentejo. (2014). Uma Estratégia de Especialização Inteligente para o Alentejo. Documento de trabalho, Évora.
- Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro. (2014). RIS3 do Centro de Portugal. Estratégia de Investigação e Inovação para uma Especialização Inteligente.
- Directorate-General for Research and Innovation. (2012). Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe. Bruxelas: Comissão Europeia.
- Ernst&Young. (2015). Biotechnology Report 2015: Beyond Borders. Reaching New Heights.
- European Commission (2015). Environmental Sustainability Assessment of Bioeconomy Products and Processes – Progress Report 1. Joint Research Centre.
- European Commission. (2012). Innovating for Sustainable Growth: a Bioeconomy for Europe. Bruxelas: Directorate-General for Research and Innovation.
- European Feed Technology Center et al. (s.d.). The European Bioeconomy in 2030.
- European Parliament (2014). Precision Agriculture: an opportunity for EU farmers – Potential support with the cap 2014-2020. Directorate-General for Internal Policies.
- European Parliament (2017). Precision agriculture in Europe – Legal, social and ethical considerations. Science and Technology Options Assessment.
- Fundação para a Ciência e Tecnologia. (2013). Diagnóstico do Sistema de Investigação e Inovação. Desafios, forças e fraquezas rumo a 2020. Lisboa: Fundação para a Ciência e Tecnologia.

- IAPMEI et al. (2014). Estratégia de Investigação e Inovação para uma Especialização Inteligente (ENEI). IAPMEI, Agência de Inovação, Fundação para a Ciência e Tecnologia e COMPETE.
- Industrial Biotech. (s.d.). A Roadmap to a thriving industrial biotechnology sector in Europe. Comissão Europeia.
- Joint Research Centre (2015). Environmental Sustainability Assessment of Bioeconomy Products and Processes – Progress Report 1. European Commission, Institute for Environment and Sustainability.
- Linsdrom T., Henriksson, M., Swerin, A., Hagstrom, B. e Nystrom, B. (2015). Roadmap 2015 to 2025 – Materials from nanocellulose. RISE - Research Institutes of Sweden.
- Ronzon, T., Piotrowski, S., M'barek, R., & Carus, M. (2017). A systematic approach to understanding and quantifying the EU's bioeconomy. *Bio-based and Applied Economics*, 6(1), 1-17.
- Spatial Foresight; SWECO; ÖIR; t33; Nordregio; Berman Group; Infyde. (2017). Bioeconomy development in EU regions: Mapping of EU Member States' / regions' Research and Innovation plans & Strategies for Smart Specialisation (RIS3) on Bioeconomy for 2014-2020. Bruxelas: DG Research & Innovation.
- United Nations Economic Commission for Europe (2015). Forests in the ECE Region - Trends and Challenges in Achieving the Global Objectives on Forests. Geneva, Switzerland.
- Wolfslehner, B., Linser, S., Pulz, H., Bastrup-Birk, A., Camia, A. e Marchetti, M. (2016). Forest bioeconomy – a new scope for sustainability indicators. From Science to Policy 4. European Forest Institute.

- **Revistas científicas:**

Achievements In The Life Sciences, Agricultural Systems, Agriculture And Agricultural Science Procedia, Agriculture And Natural Resources, Alexandria Engineering Journal, Algal Research, Analytica Chimica Acta, Analytical Chemistry Research, Animal Feed Science And Technology, Animal Nutrition, Annals Of Agrarian Science, Annals Of Agricultural Sciences, Apcbee Procedia, Applied Catalysis B: Environmental, Aquaculture And Fisheries, Aquaculture Reports, Aquatic Procedia, Arabian Journal Of Chemistry, Archives Of Biochemistry And Biophysics, Asian Pacific Journal Of Tropical Biomedicine, Atmósfera, Beni-Suef University Journal Of Basic And Applied Sciences, Biocatalysis And Agricultural Biotechnology, Biochemical Engineering Journal, Biochemistry And Biophysics Reports, Biochimica Et Biophysica Acta (Bba) - Bioenergetics, Biochimica Et Biophysica Acta (Bba) - Molecular And Cell Biology Of Lipids, Bioelectrochemistry, Biomass And Bioenergy, Biomaterials, Bioresource Technology, Biosystems Engineering, Biotechnology

Advances, Biotechnology Reports, Carbohydrate Polymers, Cell Reports, Cell Systems, Chemical Engineering Science, Current Opinion In Chemical Engineering, Current Opinion In Systems Biology, Data In Brief, Ebiomedicine, Educación Química, Electronic Journal Of Biotechnology, Energy, Energy Conversion And Management, Energy Procedia, Engineering, Engineering Science And Technology, An International Journal, Eupa Open Proteomics, European Journal Of Agronomy, Febs Open Bio, Food And Chemical Toxicology, Food And Waterborne Parasitology, Food Chemistry, Food Microbiology, Food Research International, Food Science And Human Wellness, Fungal Ecology, Fungal Genetics And Biology, Genomics Data, Geoderma, Growth Hormone & Igf Research, Hayati Journal Of Biosciences, Hbrc Journal, Heliyon, Ieri Procedia, Industrial Crops And Products, Ingeniería, Investigación Y Tecnología, Innovative Food Science & Emerging Technologies, International Dairy Journal, International Journal For Parasitology: Drugs And Drug Resistance, International Journal Of Food Microbiology, International Journal Of Gastronomy And Food Science, International Journal Of Greenhouse Gas Control, International Journal Of Hydrogen Energy, Isa Transactions, Journal Of Advanced Research, Journal Of Applied Research And Technology, Journal Of Biotechnology, Journal Of Cereal Science, Journal Of Cleaner Production, Journal Of Dairy Science, Journal Of Ethnic Foods, Journal Of Food And Drug Analysis, Journal Of Food Composition And Analysis, Journal Of Functional Foods, Journal Of Genetic Engineering And Biotechnology, Journal Of Integrative Agriculture, Journal Of King Saud University - Engineering Sciences, Journal Of King Saud University - Science, Journal Of Nutrition & Intermediary Metabolism, Journal Of Radiation Research And Applied Sciences, Journal Of Saudi Chemical Society, Journal Of Structural Biology, Journal Of Taibah University For Science, Journal Of The Academy Of Nutrition And Dietetics, Journal Of The Saudi Society Of Agricultural Sciences, Journal Of Traditional Chinese Medical Sciences, Karbala International Journal Of Modern Science, Metabolic Engineering, Metabolic Engineering Communications, Methodsx, Molecular Therapy - Nucleic Acids, New Biotechnology, Nigerian Food Journal, Pacific Science Review A: Natural Science And Engineering, Plant Gene, Procedia Chemistry, Procedia Engineering, Procedia Environmental Sciences, Procedia Food Science, Procedia Materials Science, Process Biochemistry, Protein Expression And Purification, Redox Biology, Renewable Energy, Resource-Efficient Technologies, Revista Brasileira De Farmacognosia, Saudi Journal Of Biological Sciences, Separation And Purification Technology, Small Ruminant Research, Softwarex, Soil Biology And Biochemistry, South African Journal Of Chemical Engineering, Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy, Sustainable Environment Research, Sustainable Materials And Technologies, Synthetic And Systems Biotechnology, The Crop Journal, The Egyptian Journal Of Aquatic Research, The Professional Animal Scientist, Tip, Toxicology Reports,

Trends In Food Science & Technology, Veterinary Microbiology, Forest Ecology and Management, Forest Policy and Economics, Procedia Technology, Procedia Manufacturing, Biological Conservation, Ecological Indicators, Global Ecology and Conservation, Land Use Policy, Remote Sensing of Environment, Ecosystem Services, Global Environmental Change, Revista Mexicana de Biodiversidad, Ecological Modelling, Environmental Science & Policy, Studies in Mycology, Applied Energy; Fuel; Renewable and Sustainable Energy Reviews; Energy Policy, Computational and Structural Biotechnology Journal; Current Opinion in Biotechnology, Ecosystems & Environment, Energy Economics, International Journal of Gastronomy and Food Sciences, Procedia Computer Science

# Contactos

## EUROPA - PORTUGAL

SPI PORTO\*  
SPI VENTURES

📍 Avenida Marechal Gomes da Costa, 1376  
4150 - 356 Porto,  
PORTUGAL

✉️ [spiporto@spi.pt](mailto:spiporto@spi.pt)  
☎️ + 351 226 076 400  
☎️ + 351 226 099 164  
🌐 [www.spi.pt](http://www.spi.pt)  
🌐 [www.spi-ventures.com](http://www.spi-ventures.com)

## SPI COIMBRA

📍 Instituto Pedro Nunes,  
Rua Pedro Nunes Ed.D  
3030 - 199 Coimbra,  
PORTUGAL

✉️ [spicentro@spi.pt](mailto:spicentro@spi.pt)  
☎️ + 351 239 090 854  
🌐 [www.spi.pt](http://www.spi.pt)

## SPI LISBOA

📍 Avenida 5 de Outubro,  
12, 4.ºD,  
1050 - 056 Lisboa,  
PORTUGAL

✉️ [spilisboa@spi.pt](mailto:spilisboa@spi.pt)  
☎️ + 351 214 212 249  
🌐 [www.spi.pt](http://www.spi.pt)

## SPI AÇORES

📍 Nonagon, Rua da Tecnologia  
K - Epsilon, 2, 9560-421 Lagoa,  
São Miguel, Açores,  
PORTUGAL

✉️ [spiacores@spi.pt](mailto:spiacores@spi.pt)  
☎️ + 351 932 063 445  
🌐 [www.spi.pt](http://www.spi.pt)

## EUROPA - ESPANHA

## SPI ÉVORA

📍 Parque de Ciência e  
Tecnologia do Alentejo,  
Rua Luís Adelino Fonseca,  
Lote 1A, 7005 - 841 Évora,  
PORTUGAL

✉️ [spialentejo@spi.pt](mailto:spialentejo@spi.pt)  
☎️ + 351 266 769 152  
🌐 [www.spi.pt](http://www.spi.pt)

SPI SANTIAGO DE  
COMPOSTELA

📍 Centro de Negocios Costa  
Vella, Rúa de Amio 114,  
15707 Santiago de  
Compostela, Galiza,  
ESPANHA

✉️ [spi@spiconsultoria.es](mailto:spi@spiconsultoria.es)  
☎️ + 34 981 535 927  
🌐 [www.spiconsultoria.es](http://www.spiconsultoria.es)

## EUROPA - BÉLGICA

## EBN - BRUXELAS

📍 Avenue de Tervuren, 168B  
1150 Brussels,  
BELGIUM

✉️ [ebn@ebn.be](mailto:ebn@ebn.be)  
☎️ + 32 2 772 89 00  
🌐 [www.ebn.be](http://www.ebn.be)

## ÁSIA - SINGAPURA

## SPI SINGAPURA

📍 3 Science Park Drive  
#02-12/25 The Franklin,  
Singapore Science Park,  
118223 SINGAPORE

✉️ [spisingapore@spi.pt](mailto:spisingapore@spi.pt)  
☎️ + 65 677 440 48  
🌐 [www.spieurope.eu](http://www.spieurope.eu)

## ÁSIA - CHINA

## SPI PEQUIM

📍 Rm. 1626B, F16, TowerA, Top  
Electronic City, No.3 Haidian  
Avenue, Haidian District,  
Beijing 100080, CHINA

✉️ [spichina@spi.pt](mailto:spichina@spi.pt)  
☎️ + 86 10 5982 2143/45  
🌐 [www.spi-china.cn](http://www.spi-china.cn)

## SPI MACAU

📍 Avenida da Praia Grande,  
nº 759, 5º andar  
Macau, CHINA

✉️ [spichina@spi.pt](mailto:spichina@spi.pt)  
☎️ + 86 10 5982 2143/45  
🌐 [www.spi-china.cn](http://www.spi-china.cn)

## AMÉRICA DO NORTE - EUA

## SPI CALIFÓRNIA

📍 2522 Chambers Rd. Suite  
204 Tustin, CA 92780,  
USA

✉️ [spiusa-irvine@usaspi.com](mailto:spiusa-irvine@usaspi.com)  
☎️ + 1 714 573-4062  
🌐 [www.usaspi.com](http://www.usaspi.com)

## SPI WASHINGTON D.C

📍 1050 17th Street,  
NW - Suite 600  
Washington DC 20036,  
USA

✉️ [spiusa-washington@spiusa.com](mailto:spiusa-washington@spiusa.com)  
☎️ +1 202 587-2990  
🌐 [www.usaspi.com](http://www.usaspi.com)

\* Sede SPI