

**Biorefinarias de cana-de-açúcar: Mapas Conceituais como método de análise estratégica para sua difusão****HUDSON LIMA MENDONÇA**Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio)  
hudson.mendonca@gmail.com**MARCUS VINICIUS DE ARAÚJO FONSECA**UFRJ  
vfonseca@iq.ufrj.br**JAIME BEER FRENKEL**UFRJ  
jbfrenkel@gmail.com



## **BIOREFINARIAS DE CANA-DE-ACUCAR: MAPAS CONCEITUAIS COMO METODO DE ANALISE ESTRATEGICA PARA SUA DIFUSAO**

### **Resumo**

As novas tecnologias utilizadas na producao de biocombustiveis avancados, tambem chamados de biocombustiveis de segunda geracao, possibilitaram a producao de diversos outros produtos quimicos pelas usinas, tornando-as biorefinarias, ou seja, refinarias alimentadas por fontes renovaveis de biomassa. As biorefinarias podem contribuir significativamente para o reaproveitamento de residuos e para a producao de energia limpa. Entretanto, a maior parte destas novas tecnologias ainda esta em um estagio de maturidade inicial, existindo diversas possibilidades de arranjos produtivos aplicaveis, sem que se possa apontar um padrao dominante para a maioria das aplicacoes. Este artigo tem o objetivo de organizar o entendimento do que e uma biorefinaria e quais sao suas aplicacoes, utilizando-se o metodo de construcao de mapas conceituais. O resultado e a construcao de dois mapas conceituais: o primeiro representando o que e uma biorefinaria e o segundo representando uma biorefinaria de cana-de-acucar – biomassa lider potencial tambem no paradigma das biorefinarias. Os mapas resultantes tem potencial para facilitar a comunicacao e entendimento das biorefinarias e suas aplicacoes, tanto no mundo empresarial quanto entre os formuladores de politicas publica, o que e de grande importancia para acelerar a sua difusao desta tecnologia.

**Palavras-chave:** Biorefinaria, Mapa Conceitual, Difusao Tecnologica, Eficiencia Energetica, Aproveitamento de residuos

### **Abstract**

The new technologies used in the production of advanced biofuels, also called second-generation biofuels, enabled the production of several other chemicals by the plants, making them biorefineries, that is, refineries fed by renewable sources of biomass. Biorefineries can contribute significantly to waste reuse and clean energy production. However, most of these new technologies are still at an early stage of maturity, with several possible production arrangements being applicable and without a clear dominant pattern for most of the desired applications. This article aims to organize the understanding of what a biorefinery is and what its applications are, using the conceptual mapping method. The result is the construction of two conceptual maps: the first representing what a biorefinery is and the second representing a biorefinery of sugarcane - potential biomass leader also in the biorefinery paradigm. The resulting maps have the potential to facilitate communication and understanding of biorefineries and their applications, both in the business world and among policy makers, being of great importance to accelerate the diffusion of this technology.

**Keywords:** Biorefinery, Conceptual Map, Technology Diffusion, Energy Efficiency, Waste Reuse



## 1 Introdução

Em 2014, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), órgão técnico-científico criado em 1988 pela Organização Mundial de Meteorologia (WMO) e pelo Programa das Nações Unidas sobre Meio Ambiente (UNEP), lançou seu 5º Relatório de Avaliação (AR5). Neste relatório (IPCC, 2014), que explicita a resultante do trabalho conjunto de centenas de cientistas de diversos países, foram analisadas as causas e potenciais consequências da ação humana no meio ambiente, assim como foram destacadas algumas ações que poderiam mitigar esses impactos.

Ao apontar as principais opções para a redução das emissões de CO<sub>2</sub>, os cientistas que conduziram o grupo de trabalho de mitigação das mudanças climáticas classificaram os desafios pelos seus graus de evidência e de concordância entre os especialistas do painel. Em um cenário resumido, o uso de biomassas aparece como item fundamental para a geração de bioenergia que, por sua vez, exerceria um papel crítico na redução das emissões, se forem observadas as mensurações de eficiência e sustentabilidade dos sistemas como um todo (evidências robustas e concordância média). Além disso, o uso de biomassas surgiria como importante esforço complementar às tecnologias de captura e armazenagem de carbono, assim como na geração de eletricidade e calor para populações em áreas remotas ou desassistidas, que atualmente representam 1,3 bilhões e 3 bilhões de pessoas respectivamente (IPCC, 2014).

Desse modo, o aumento do uso da biomassa como combustível na matriz energética mundial representaria um significativo avanço em termos ambientais e sociais quando comparado ao atual paradigma baseado em petróleo e carvão (Bozell & Petersen, 2010). A queima de um litro de etanol de cana-de-açúcar como combustível reduz cerca de 70% a quantidade de emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera em relação à queima da gasolina (CONAB, 2015). Porém, para a inserção plena dos biocombustíveis no campo da sustentabilidade é preciso superar o desafio econômico imposto para sua difusão, principalmente no que tange aos custos de produção e logística dessa alternativa. (Cherubini, 2010; Gavrilescu, 2014; Jong & Jungmeier, 2015; Liu, Abrahamson, & Scott, 2012).

Esse desafio está sendo enfrentado pela sociedade e pelas empresas do setor através de esforços conjuntos para redução de custos dos processos atuais e também pelo desenvolvimento de novos processos e produtos. A combinação desses esforços vem resultando em um novo modelo industrial para tratamento integrado das biomassas, chamado recentemente de biorefinarias.

Uma abordagem integrada nesse tema – biorefinarias – caracteriza-se como um problema complexo – cuja análise deve resistir à ideia de encontrar “a solução” que vai resolver o problema e, em vez disso, buscar pontos de alavancagem que possam ser acionados para que o sistema conduza à melhor situação (Allen, 2016). Esse mesmo autor (Allen, 2000) explicita que trabalhar com sistemas complexos exige aprendizagem contínua sobre o contexto onde eles se manifestam e um ambiente que promova a comunicação entre todos os envolvidos e interessados.

Nesse sentido, o mapa conceitual se caracteriza como uma ferramenta única aplicada à análise de sistemas complexos, uma vez que contempla o registro e interligação de diversos fatores e aspectos de impacto relacionados ao sistema em análise, bem como torna possível a construção coletiva do conhecimento.

## 2 A Utilização de Mapas Conceituais

Um conceito pode ser definido, segundo Novak & Cañas (2008), como uma regularidade percebida em eventos, objetos, ou registros de eventos ou objetos, designados



por um rótulo. Seguindo essa definição, pode-se perceber que o rótulo biorefinaria vem sendo regularmente citado na literatura a partir do final dos anos 2000 e início dos anos 2010 ((Bonomi et al., 2012; Bozell & Petersen, 2010; CGEE, 2010; Cherubini, 2010; Demirbas, 2010; FitzPatrick, Champagne, Cunningham, & Whitney, 2010; Kaparaju, Serrano, Thomsen, Kongjan, & Angelidaki, 2009; Liu et al., 2012; Menon & Rao, 2012; Morais & Bogel-Lukasik, 2013), tornando-se assim, um conceito recente ainda a ser plenamente explorado.

Outro aspecto epistemológico importante é a percepção de que conceitos e proposições são os blocos fundamentais para a construção do conhecimento em qualquer área (Novak & Cañas, 2008). Como as biorefinarias são uma nova tendência na integração dos processos dos biocombustíveis com os processos bioquímicos – como se verá adiante – a construção do conhecimento através do aprendizado significativo, construído por meio de mapas conceituais, pode representar para o segmento um passo importante na consolidação do conhecimento gerado até o momento.

Essa visão é importante, pois, além do aprendizado propriamente dito, as definições observadas neste artigo possuem uma série de potenciais aplicações práticas no campo do desenvolvimento de inovações, da elaboração de relatórios de investimento, da integração multidisciplinar da questão (técnica-gerencial-financeira), entre outras.

### 2.1 *Conseiderações metodológicas*

A construção dos mapas conceituais deste artigo seguiu o método de sete etapas apresentado por Cañas, Novak, & Reiska (2015). O método proposto tem como objetivo explicitar os principais critérios de verificação para a construção de um bom mapa conceitual e, de modo simplificado, pode ser representado pelas seguintes etapas:

1. Deve ser elaborada uma questão focal inicial.
2. Rótulos de conceitos devem ter uma ou poucas palavras.
3. Linhas de ligação devem ter uma ou poucas palavras; devem formar proposições com sentido.
4. O mapa conceitual deve ter certa hierarquia, com conceitos mais importantes no topo.
5. Geralmente, não mais do que três ou quatro sub-conceitos devem estar ligados a outro conceito.
6. Ligações cruzadas entre os conceitos devem apontar as relações internas importantes do mapa.
7. Rótulos de conceito não podem aparecer mais de uma vez no mesmo mapa conceitual.

Desta forma, a elaboração do mapa conceitual começa com a formulação da questão focal, que no caso desse artigo pode ser claramente definida como: **O que é uma biorefinaria?** A questão explicitada abre, por sua vez, a definição do principal rótulo (biorefinaria) e seus principais adjacentes (biomassas, biocombustíveis, bioquímicos e outros bioprodutos). A exposição da Figura 1 representa graficamente a proposição de que uma biorefinaria é uma “máquina” que transforma diferentes tipos de biomassa em diferentes bioprodutos, como sugerido nas etapas 2, 3 e 5 do método proposto. A estrutura hierárquica tradicional (etapa 4) é possível de ser seguida, dada às características definidas pelo conceito principal e pelos seus adjacentes. As ligações entre os subdomínios (biomassas, bioprodutos, biocombustíveis e bioquímicos) também ficam evidentes, assim como a indicação do paralelo conceitual com as tradicionais refinarias de petróleo (etapa 6). Por fim, é respeitada a observação de que um mesmo rótulo não deve aparecer mais de uma vez no mesmo mapa.



Sobre a Figura 2, que representa o mapa conceitual de uma biorefinaria de cana-de-açúcar, trata-se, de maneira geral, de um tipo específico de biorefinaria que utiliza a cana-de-açúcar como sua fonte de biomassa. Porém, o nível de detalhamento dos processos é estabelecido em um nível acima do apresentado pelo conceito geral de biorefinaria apresentado na Figura 1, aprofundando-se mais nas etapas de transformação da biomassa em bioprodutos.

Ambos os mapas conceituais foram elaborados seguindo o mesmo processo, caracterizado pelas etapas já explicitadas.

Ainda segundo (Cañas et al., 2015), um bom mapa conceitual não é feito apenas de uma boa estrutura, mas da união de uma boa estrutura com um bom conteúdo. Os próximos itens tratarão exatamente sobre esta questão: o conteúdo específico que define os conceitos relacionados.

### 3 Biorefinarias: Definições Gerais

O conceito de biorefinarias surgiu na literatura no final dos anos 2000 com o avanço das pesquisas e implementações pioneiras da segunda geração de biocombustíveis. A diferença fundamental entre a produção de biocombustíveis de primeira geração (1G) e de segunda geração (2G) é o processo industrial, que no caso do 2G, utiliza intensamente biotecnologia (microrganismos geneticamente modificados) para transformar matéria lignocelulósica em moléculas menores baseadas em carbono. A perspectiva de utilização desses processos em larga escala abriu a possibilidade para a produção não apenas de uma quantidade maior de biocombustíveis, como também de outros produtos de origem bioquímica (ao variar o microrganismo utilizado no processo). Foi, principalmente, essa alternativa tecnológica que permitiu o surgimento das biorefinarias atuais.

De modo objetivo, uma biorefinaria pode ser definida como uma unidade industrial que integra processos e equipamentos de conversão de biomassa para produzir biocombustíveis, bioenergia e bioquímicos (Cherubini, 2010). Para Jong & Jungmeier (2015), uma biorefinaria é o meio sustentável de processar biomassa para a geração de produtos comercializáveis e energia. Com esta definição, os autores destacam que o principal fator motivacional para o estabelecimento de biorefinarias é a sustentabilidade. Bozell & Petersen (2010) corroboram com a definição de Jong & Jungmeier (2015) ao afirmar que os dois principais objetivos do desenvolvimento de uma biorefinaria são a substituição do petróleo em favor da geração de energias renováveis (objetivo energético) e o estabelecimento de uma robusta indústria baseada no processamento de biomassas (objetivo econômico).

Confirmando essas abordagens, Milanez et al. (2015) e Morais & Bogel-Lukasik (2013) ainda acrescentam que biorefinarias são uma tendência para o processamento da biomassa, pois aumentam a possibilidade de diversificação de produtos de uma planta (usina) de biocombustíveis tradicional, valorizando subprodutos e resíduos que podem ser críticos na análise de viabilidade dos investimentos em energias renováveis oriundas de biomassas.

Deste modo, pode-se considerar como uma primeira conceituação sistêmica de biorefinaria através de um mapa conceitual a Figura 1, que explicita que uma biorefinaria utiliza biomassas (tipificadas e exemplificadas) para gerar biocombustíveis, bioquímicos e outros bioprodutos.

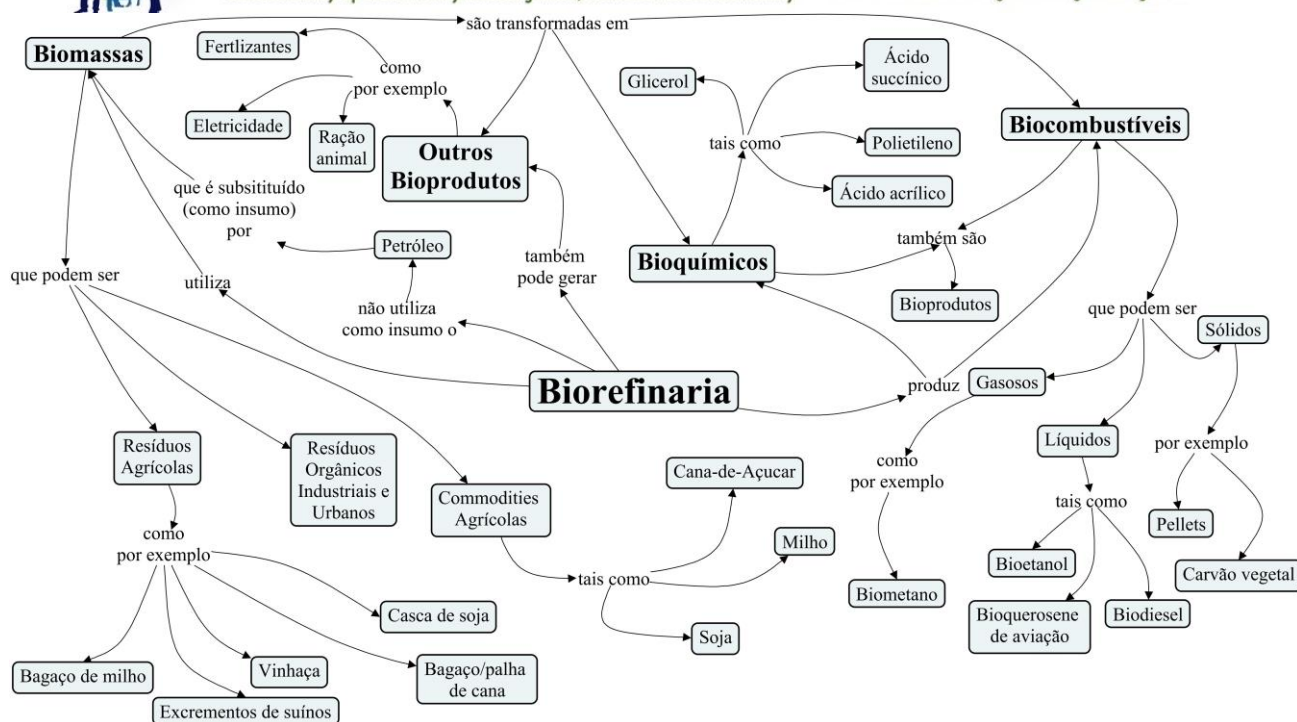


Figura 1. Mapa conceitual representativo da definição geral de biorefinaria

Cabe aqui o comentário sobre a opção de dividir todos os produtos de uma biorefinaria nas três categorias apresentadas. Entre todos os autores supracitados, há certo consenso na classificação dos termos biocombustíveis (bioetanol, biodiesel etc.) e bioquímicos (ácido succínico, polietileno etc.), que aparecem de forma mandatária em todas as possíveis configurações de biorefinarias apresentadas. Provavelmente, esse fato decorra da evidente similaridade desse agrupamento com o atualmente utilizado pela indústria petroquímica. Entretanto, produtos novos, originais do paradigma das biomassas, são classificados de maneira bastante diferente entre os diversos autores, como por exemplo, os subprodutos de gêneros alimentícios ou a energia elétrica gerada através da queima direta de biomassa residual, sem transformá-la em algum tipo de biocombustível antes (co-geração). Nestes casos, optou-se por agrupar esses subprodutos em uma categoria, a parte denominada “outros bioprodutos”, para que o conceito geral fosse preservado para quaisquer conceituações subsequentes.

Assim, uma vez definido o mapa conceitual geral do que é uma biorefinaria pela ótica de suas entradas (biomassas) e saídas (bioprodutos diversos), seria pertinente uma análise similar e outros avanços conceituais acerca dos processos que transformam a biomassa em seus bioprodutos derivados. Entretanto, os desenhos de processos das biorefinarias admitem diversas configurações que dependem da biomassa utilizada, dos bioprodutos escolhidos como saída, das tecnologias adotadas e até mesmo da própria priorização dos processos utilizados. As combinações oriundas dessas quatro variáveis elevam o número de possibilidades de configurações de um biorefinaria (pela ótica de seus processos) a centenas ou mesmo milhares de alternativas, inviabilizando a construção de um mapa conceitual enquanto as trajetórias vencedoras ou predominantes não forem definidas.

Sobre esse aspecto, é importante ressaltar que o momento de mercado em que se encontram as biorefinarias ainda é incipiente. Ao contrário da indústria petroquímica, que existe há décadas e já passou por um longo caminho de convergência tecnológica, não existe ainda um desenho de processo “vencedor” que defina o padrão tecnológico para a maior parte



das biorefinarias (FitzPatrick et al., 2010; Jong & Jungmeier, 2015; Yuan, Chen, & Gani, 2013). Alguns não são sequer viáveis economicamente ainda, e, dada à variedade potencial de biomassas (entradas) existentes, dificilmente haverá padrões de biorefinarias em moldes similares aos encontrados nas refinarias do paradigma petroquímico.

Entretanto, ao examinarmos apenas um tipo de biomassa, focando nos processos mais recorrentes e sem entrar no nível estritamente técnico do processo, é possível focalizar importantes conceitos que se encontram mais próximos da aplicação empírica do rótulo biorefinaria. Este é o caso das biorefinarias de cana-de-açúcar no cenário de uma planta integrada de primeira e segunda gerações, representado pela Figura 2 que integra o próximo item.

#### 4 Biorefinarias de cana-de-açúcar

A diferença fundamental de uma biorefinaria de cana-de-açúcar para outra biorefinaria qualquer é a biomassa de entrada, exclusivamente a cana neste caso. Em decorrência dela, todos os processos, produtos potenciais resultantes e medidas de produtividade mudam. Em uma definição básica, a cana-de-açúcar é uma gramínea semi-perene que possui uma grande capacidade de produção de açúcares totais recuperáveis (ATRs) (CONAB, 2015). A cana-de-açúcar, para fins de produção, é dividida em três partes: o caldo (foco no processo de produção de açúcar e do etanol 1G), o bagaço e a palha (focos do processo de produção do etanol 2G e demais bioprodutos). Embora o desenvolvimento genético da cana-de-açúcar tenha se destinado até hoje à produção de açúcares, a cana-de-açúcar é também uma grande geradora de biomassa, produzindo cerca de 6,7 vezes mais biomassa por hectare do que o milho (CONAB, 2015; USDA, 2017) – seu principal concorrente como matéria-prima na produção de etanol. Desta forma, a cana, cultura líder na produção de etanol no paradigma das usinas sucroalcooleiras, possui também um importante posicionamento no desenvolvimento dos padrões no paradigma das biorefinarias.

Em um modelo de processo de uma biorefinaria de cana-de-açúcar, a primeira etapa é a prensa que separa o caldo do restante da biomassa (basicamente o bagaço e a palha) (Jong & Jungmeier, 2015; Jonker et al., 2015). É importante ressaltar, desde já, que existem etapas assessorias e intermediárias como alguns pré-tratamentos, separações, aquecimentos ou secagens, que são importantes do ponto de vista físico-químico, mas influenciam pouco nas definições conceituais observadas na Figura 2, e, portanto, foram omitidas.

Seguindo o fluxo após a prensa, o caldo passa tipicamente por dois processos distintos após sua concentração: a fermentação, que gera o etanol ao final do processo, e a secagem, para gerar açúcar. Como “resíduo” da etapa de destilação do etanol é gerada a vinhaça, utilizada geralmente para fertirrigação das próprias lavouras de cana-de-açúcar (Bonomi et al., 2012), mas que, com o paradigma das biorrefinaria, começa a ser testada em escala comercial para a produção de biogás, em razão do seu alto teor de compostos orgânicos.

Esse fluxo, com exceção da produção de biogás, era o processo típico de produção do chamado etanol de 1ª geração, que até 2008-2009 era praticamente o único meio de funcionamento de uma usina de cana-de-açúcar (Milanez et al., 2015), gerando como resíduos o bagaço e a palha que eram utilizados, por sua vez, para co-geração de energia elétrica ou deixados como sobra, dependendo do tipo de configuração da usina em questão.

Com os avanços das pesquisas e possibilidades da biotecnologia, a biomassa conjunta do bagaço e da palha – também chamado de material lignocelulósico – deixa de ser um resíduo e passa a ser a base fundamental da nova indústria constituída pelas biorefinarias. De imediato, a possibilidade de quebra desse material em suas macro-partes: lignina, celulose e hemicelulose (Cherubini, 2010; FitzPatrick et al., 2010), através de organismos geneticamente

modificados (OGMs) e enzimas, permite que uma usina de etanol produza até 50% mais etanol por hectare (Milanez et al., 2015). Esse novo paradigma produtivo intensivo em biotecnologia – chamado de 2ª geração – permite também, através de processos bastante similares, que essa biomassa possa também ser convertida em uma série de outros produtos como “building blocks” químicos e polímeros especiais, viabilizando assim uma rota alternativa e renovável a diversos produtos químicos oriundos da petroquímica tradicional (Bozell & Petersen, 2010).

O processo de transformação potencial de usinas de cana-de-açúcar em biorefinarias estimulou o avanço de tecnologias também em outras direções como na utilização da vinhaça para a produção de biogás ou o uso de bagaço, palha e lignina na produção de pellets da biomassa da cana-de-açúcar.

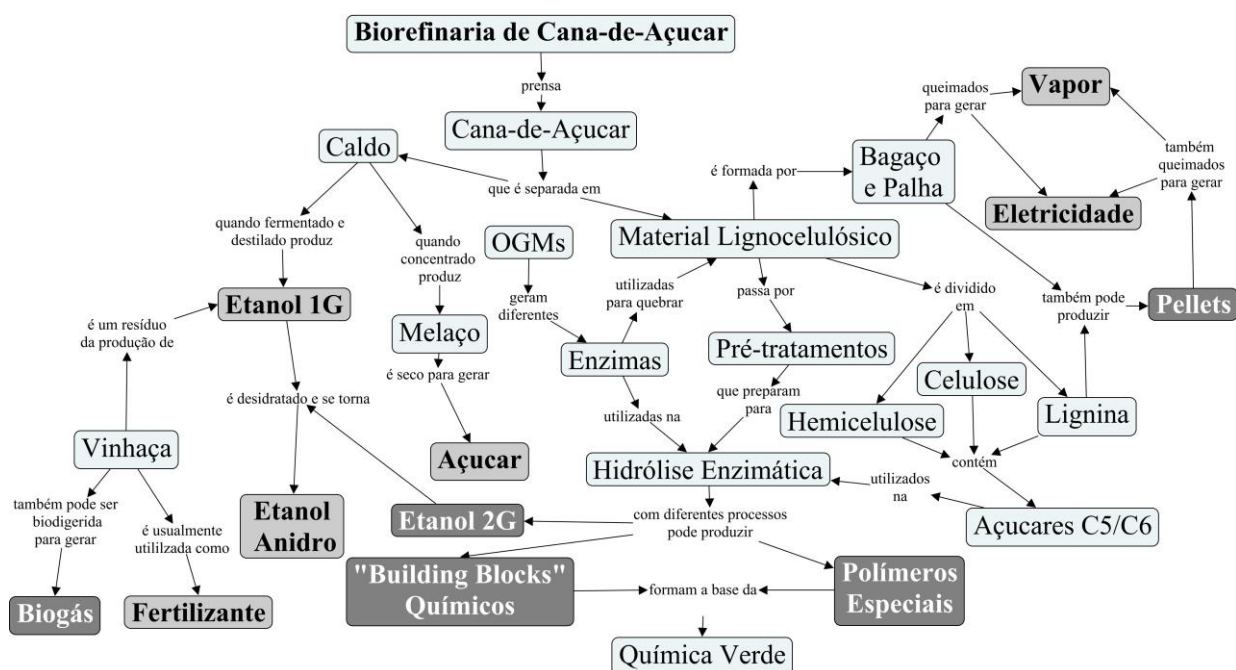


Figura 2. Mapa conceitual representativo da definição geral de uma biorefinaria de cana-de-açúcar

Desse modo, uma biorefinaria de cana poderia ser representada através do mapa conceitual apresentado pela Figura 2, onde os produtos em cinza claro seriam as saídas típicas do fluxo de 1ª geração e os produtos em cinza escuro seriam as novas possibilidades de saídas abertas pelos processos de 2ª geração e outros posteriores.

## 5 Conclusões

A utilização de mapas conceituais no mundo corporativo tem ajudado as empresa a resolver diversos problemas ligados à difusão do conhecimento, do design de produtos à elaboração de estratégias de mercado (Novak & Cañas, 2008). Neste artigo focalizou-se uma nova utilização dessa ferramenta dentro do mundo empresarial, ao estruturar um conceito existente, mas ainda em construção por ser oriundos de uma inovação radical e ainda recente – as biorefinarias. Lanzarini (2014) explicita como grandes corporações podem se beneficiar de mapas conceituais para a gestão e difusão do conhecimento, tanto em âmbito interno, quanto em âmbito externo. No caso das biorefinarias, a importância de se estabelecer um





conceito que se transforme em aprendizado significativo possui diversas vantagens, das quais cabe o destaque a três mencionadas a seguir.

A primeira, e talvez a mais evidente, é que uma inovação radical só começa seu processo de difusão acelerada na direção de se tornar um novo padrão quando ela é entendida pelas partes que as implementarão e as utilizarão. A incapacidade de entender as diferentes possibilidades de aplicação de uma determinada tecnologia e testá-las no mercado é apontada como uma das maiores barreiras à implementação de inovações radicais no setor produtivo (O'Connor, 2008). Com inúmeras rotas tecnológicas e produtos possíveis, e grande parte delas ainda tentando se demonstrar economicamente viáveis em larga escala, o entendimento das alternativas e classificações das biorefinarias pode acelerar a adoção e consolidação dos novos padrões por acadêmicos, industriais e demais agentes envolvidos.

A segunda, decorrente da primeira, é a questão da avaliação financeira. Analisando o caso específico do Brasil, o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, estima-se que o processo atual de produção de etanol de 1ª geração resulte na produção de 28,7 bilhões de litros de etanol (CONAB, 2015), gerando 185 milhões de toneladas de biomassa como “resíduo” para queima/co-geração ou descarte (Rocha, Nascimento, Gonçalves, Silva, & Martín, 2015). Considerando uma estimativa de 50% de aumento de produtividade com o etanol de 2ª geração (Milanez et al., 2015) e o preço atual de US\$ 1.51/litro no mercado internacional (Nasdaq, 2017), a plena adoção do conceito possibilita, de imediato, o acesso a um mercado potencial adicional de US\$ 17.6 bilhões. Entretanto, e em adição a este potencial produtivo de etanol, o paradigma das biorefinarias permite também, como alternativa, a produção de diversos outros produtos com mercados já estabelecidos na indústria química, por vezes com valor agregado consideravelmente maior do que o do próprio etanol (Bozell & Petersen, 2010). Essas possibilidades, somadas a diferentes decisões de investimentos associadas, abre a possibilidade de explorar o mapa conceitual na área de finanças, especificamente na área de opções reais, método cada vez mais utilizado para determinar o valor de projetos que envolvam alto grau de inovação (Rodrigues, Ferreira, Lemme, & Brandão, 2013).

Por fim, a terceira vantagem se aplica à formulação de políticas públicas de apoio à inovação. De modo geral, as políticas públicas só podem ser estabelecidas e amplamente difundidas quando há um considerável consenso sobre sua importância e capacidade de gerar externalidades para a sociedade ou parte significativa dela. Elucidar de maneira clara, com o objetivo de produzir conhecimento significativo sobre o tema, também para não especialistas, pode ser um caminho estratégico para antecipar tendências e otimizar o processo de tomada de decisão dos diversos níveis e agentes formuladores de políticas públicas. Quando se trata de políticas de apoio à inovação, a variável tempo é extremamente importante pelas razões óbvias trazidas pela dinâmica da obsolescência dos produtos.

Assim, cada um desses três destaques podem se desdobrar em novos artigos e discussões sobre o melhor modo de se aprofundar no tema das biorefinarias. Porém, o avanço só será possível se os debates evoluírem tendo como base o mapeamento de arranjos conceituais cada vez mais sólidos, como os aqui propostos e explicitados através de mapas conceituais. Apenas desta maneira será possível avançar, alternativamente, para além do atual paradigma das refinarias petroquímicas no sentido de soluções sustentáveis oriundas das biorefinarias.



## 6 Referências

- Allen, W. J. (2000). *Working together for environmental management: the role of information sharing and collaborative learning* (Thesis). Massey University. Recuperado de <https://mro.massey.ac.nz/handle/10179/3879>
- Allen, W. J. (2016). Complicated or complex - knowing the difference is important. Recuperado 19 de agosto de 2017, de <http://learningforsustainability.net/post/complicated-complex/>
- Bonomi, A., Mariano, A., de Jesus, C. D. F., Junqueira, H. C., & Mantelatto, P. E. (2012). *The Virtual Sugarcane Biorefinery (VSB)*. Capinas, SP: CNPEM - Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais.
- Bozell, J. J., & Petersen, G. R. (2010). Technology development for the production of biobased products from biorefinery carbohydrates—the US Department of Energy’s “Top 10” revisited. *Green Chemistry*, 12(4), 539–554.
- Cañas, A. J., Novak, J. D., & Reiska, P. (2015). How good is my concept map? Am I a good Cmapper? *Knowledge Management & E-Learning: An International Journal (KM&EL)*, 7(1), 6–19.
- CGEE. (2010). *Química Verde no Brasil 2010-2030* (Edição revista e atualizada). Brasília, DF: CGEE.
- Cherubini, F. (2010). The biorefinery concept: Using biomass instead of oil for producing energy and chemicals. *Energy Conversion and Management*, 51(7), 1412–1421. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2010.01.015>
- CONAB. (2015). Acompanhamento Da Safra Brasileira: Cana-de-Açúcar.
- Demirbas, A. (2010). Biorefinery technologies for biomass upgrading. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 32(16), 1547–1558.
- FitzPatrick, M., Champagne, P., Cunningham, M. F., & Whitney, R. A. (2010). A biorefinery processing perspective: treatment of lignocellulosic materials for the production of value-added products. *Bioresource technology*, 101(23), 8915–8922.
- Gavrilescu, M. (2014). Chapter 14 - Biorefinery Systems: An Overview. In *Bioenergy Research: Advances and Applications* (p. 219–241). Amsterdam: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59561-4.00014-0>
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK.
- Jong, E., & Jungmeier, G. (2015). Biorefinery concepts in comparison to petrochemical refineries. *Industrial Biorefineries & White Biotechnology*, 3–33.
- Jonker, J. G. G., Van Der Hilst, F., Junginger, H. M., Cavalett, O., Chagas, M. F., & Faaij, A. P. C. (2015). Outlook for ethanol production costs in Brazil up to 2030, for different biomass crops and industrial technologies. *Applied Energy*, 147, 593–610.
- Kaparaju, P., Serrano, M., Thomsen, A. B., Kongjan, P., & Angelidaki, I. (2009). Bioethanol, biohydrogen and biogas production from wheat straw in a biorefinery concept. *Bioresource technology*, 100(9), 2562–2568.
- Lanzarini, W. L. (2014). Mapas Conceituais Numa Empresa Integrada de Energia. In *Sixth International Conference on Concept Mapping*. Santos, SP.
- Liu, S., Abrahamson, L. P., & Scott, G. M. (2012). Biorefinery: Ensuring biomass as a sustainable renewable source of chemicals, materials, and energy. *Biomass and Bioenergy*, 39, 1–4.
- Menon, V., & Rao, M. (2012). Trends in bioconversion of lignocellulose: biofuels, platform chemicals & biorefinery concept. *Progress in Energy and Combustion Science*, 38(4), 522–550.



- Milanez, A. Y., Nyko, D., Valente, M. S., Sousa, L. C., Bonomi, A. M. F. L. J., Jesus, C. D. F. de, ... others. (2015). De promessa a realidade: como o etanol celulósico pode revolucionar a indústria da cana-de-açúcar: uma avaliação do potencial competitivo e sugestões de política pública. *BNDES Setorial, Rio de Janeiro*, (41). Recuperado de <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/4283>
- Moraes, R. G. J., Nascimento, V. M., Goncalves, A. R., Silva, V. F. N., & Martín, C. (2015). Influence of mixed sugarcane bagasse samples evaluated by elemental and physical-chemical composition. *Industrial Crops and Products*, 64, 52–58.
- Morais, A. R., & Bogel-Lukasik, R. (2013). Green chemistry and the biorefinery concept. *Sustainable Chemical Processes*, 1(1), 18.
- Nasdaq. (2017). Commodities: Latest Ethanol Futures Price & Chart. Recuperado 19 de agosto de 2017, de <http://www.nasdaq.com/markets/ethanol.aspx>
- Novak, J. D., & Cañas, A. J. (2008). The theory underlying concept maps and how to construct and use them. Recuperado de <http://eprint.ihmc.us/id/eprint/5>
- O'Connor, G. C. (2008). *Grabbing Lightning: Building a Capability for Breakthrough Innovation* (1 edition). San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Rodrigues, P. H. da F., Ferreira, V. A. de C., Lemme, C. F., & Brandão, L. E. T. (2013). Avaliação de empresas start-up por Opções Reais: o caso do setor de biotecnologia. *Gestão & Produção*, 20(3), 511–523.
- USDA. (2017). USDA ERS - Feed Grains: Yearbook Tables. Recuperado 19 de agosto de 2017, de <https://www.ers.usda.gov/data-products/feed-grains-database/feed-grains-yearbook-tables/>
- Yuan, Z., Chen, B., & Gani, R. (2013). Applications of process synthesis: Moving from conventional chemical processes towards biorefinery processes. *Computers & Chemical Engineering*, 49, 217–229.