



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA DE QUÍMICA



Pós-Graduação em Tecnologia de Processos
Químicos e Bioquímicos

INSERÇÃO DE EMPRESAS DE PAPEL E CELULOSE NA *BIOBASED INDUSTRY*

Aline Mourão de Araujo Sartori

Dissertação de Mestrado

Orientadores: Flávia Chaves Alves e Fábio de Almeida Oroski

Rio de Janeiro, 2016.

INSERÇÃO DE EMPRESAS DE PAPEL E CELULOSE NA *BIOBASED INDUSTRY*

Aline Mourão de Araujo Sartori

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências.

Aprovado por:

Flávia Chaves Alves, D. Sc. (orientadora)

Fábio de Almeida Oroski, D.Sc. (orientador)

José Vitor Bomtempo Martins, D.Sc.

Paulo Luiz de Andrade Coutinho, D.Sc.

Martim Francisco de Oliveira e Silva, D.Sc.

Rio de Janeiro, 2016.

Sartori, Aline Mourão de Araujo

Inserção de empresas de papel e celulose na biobased industry / Aline Mourão de Araujo Sartori – Rio de Janeiro UFRJ/EQ 2016.

x, 108 p.; il.

Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro, 2016.

Orientadores: Flávia Chaves Alves e Fábio de Almeida Oroski.

1. Biobased industry. 2. Empresas de papel e celulose. 3. Dimensões de análise. 4. Tese. 5. Flávia Chaves Alves e Fábio de Almeida Oroski. I. Inserção de empresas de papel e celulose na biobased industry.

À minha família, namorado e amigos, por todo apoio e incentivo durante a minha caminhada.

Agradecimentos

Aos meus pais por todo incentivo, dedicação e apoio incondicional durante toda a minha vida, que não medem esforços para que eu alcance todos os meus objetivos. Além do amor e carinho de sempre. E ao meu irmão pela paciência e dedicação.

Ao meu namorado, por sempre acreditar em mim e me incentivar a ir além, desafiando meus medos e evoluindo profissional e pessoalmente.

Aos meus amigos da faculdade, do mestrado, e da vida, por compreenderem as ausências e me alegrarem nos momentos difíceis.

Aos meus professores e orientadores, Flávia Alves e Fábio Oroski, por me guiarem ao longo desse trabalho e acreditarem no meu potencial.

Ao apoio financeiro do CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

Resumo

As mudanças climáticas, motivando a busca por tecnologias e produtos mais limpos, somadas ainda à questão da dependência da matéria-prima fóssil, favorecem o surgimento de oportunidades para o desenvolvimento de uma indústria baseada em matérias-primas renováveis. No entanto, a evolução da *biobased industry* apresenta desafios, como a acessibilidade de matérias-primas (biomassa), que sejam adequadas para tecnologias de conversão economicamente viáveis, para a produção de bioquímicos e biocombustíveis. É nesse contexto que a indústria de papel e celulose se insere, com a vantagem do acesso à matéria-prima e *know-how* no processamento da biomassa, sendo uma potencial entrante nessa indústria em formação. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi explorar a inserção de empresas de papel e celulose na *biobased industry*, analisando movimentos e projetos de *players* importantes, com a finalidade de compreender como estes enxergam essa inserção: oportunidade de entrada em novos mercados/negócios ou apenas atuação como fornecedores de matérias-primas. Para isso foram analisadas algumas das maiores empresas dentro da indústria de papel e celulose, cujos movimentos em relação à *biobased industry* têm sido observados, através de buscas em mídia especializada e em relatórios desenvolvidos pelas próprias empresas nos últimos 10 anos. Ao final do estudo, foi possível constatar que existem movimentos e investimentos para a entrada nesses novos mercados, e que é provável que esses movimentos, inicialmente, serão para fornecimento de matérias-primas. Para a indústria de base renovável, a indústria de papel e celulose apresenta um forte atrativo que é o acesso a matérias-primas. Enquanto que, para o setor de papel e celulose, a *biobased industry* ainda se caracteriza como uma oportunidade de diversificação e melhor aproveitamento de resíduos para obtenção de maior receita.

Abstract

The climate change which motivates the pursuit of specialized technology and environmentally friendly products, in addition to the dependency of fossil fuels, have encouraged the emergence of many opportunities for the development of an industry based on renewable resources. However, the growth of the biobased industry has some challenges such as accessibility to raw material (biomass) of which is possible to obtain an economically viable conversion to biochemical and biofuels. In this context, the pulp and paper industry arises with the advantage of having easy access to raw material and the know-how in the biomass processing and so it has a considerable potential to be part of this new industry. This work has as objective to explore the insertion of pulp and paper companies into the biobased industry based on strategical position analysis as well as on analysis of important player projects in order to understand how the pulp and paper sector perceive this opportunity of entering in a new market and business or if they rather act just as raw material supplier. For that, some of the biggest companies inside the pulp and paper area were analyzed whose positioning towards the biobased industry can be noticed through a detailed search into many specialized webpages as well as into reports issued by these companies, in the last ten years. In the end of the study, it was possible to determine that there are investments and changes of positioning towards the biobased industry which will be, in a first moment, mainly towards acting like the supplier of raw material. For the renewable-based industry, the pulp and paper industry has a strong attraction, which is the access to raw materials. While for the pulp and paper sector, the biobased industry is still characterized as an opportunity for diversification and better use of waste to obtain higher revenues.

Índice

1	Introdução	1
2	A Indústria de Papel e Celulose.....	5
2.1	Contextualização Histórica	5
2.2	Processo Produtivo.....	8
2.2.1	Fontes de Matérias-primas	8
2.2.2	Rotas de extração da celulose	10
2.2.3	Classificação das fibras de celulose.....	13
2.2.4	Produção de Papel.....	14
2.3	Características de Mercado.....	17
2.3.1	Setor de Papel	18
2.3.2	Setor de Celulose	19
3	A Biobased Industry	25
3.1	Conceito.....	25
3.2	Principais Dimensões de Análise	27
4	Metodologia e Apresentação das Empresas.....	35
4.1	Borregaard	36
4.1.1	Projeto Exilva	42
4.1.2	Planta de Demonstração da Tecnologia BALI	44
4.1.3	Acordo com a Statoil Fuel & Retail para a distribuição do bioetanol	46
4.1.4	LignoTech Florida LLC	47
4.1.5	Aquisição dos negócios de Lignina da Flambeau Rivers Paper	49
4.1.6	Aumento da capacidade da planta na LignoTech South Africa	50
4.2	UPM	51
4.2.1	Produção em escala piloto de biogasolina a partir de biomassa de madeira	55
4.2.2	Construção de uma biorrefinaria em Strasbourg, França	56
4.2.3	Construção da biorrefinaria em Lappeenranta, Finlândia/ Produção do BioVerno	57
4.2.4	Processo Plantrose™ da Renmatix.....	59
4.2.5	Parcerias para a produção de bio óleo (Nov, 2009) /LignoCat (2014)	61
4.2.6	ValChem	63
4.3	Stora Enso.....	65
4.3.1	Planta de Demonstração de Gaseificação de Biomassa na Finlândia.	70
4.3.2	Investimento na instalação de Sunila, Finlândia.....	71
4.3.3	Aquisição da empresa Virdia.	73
4.3.4	Construção da planta de demonstração em Raceland, Estados Unidos.	75
4.3.5	Parceria com a empresa Rennovia.	76
5	Análise e Discussão	77
5.1	Matéria-prima.....	77
5.1.1	Borregaard.....	77
5.1.2	UPM.....	78
5.1.3	Stora Enso	79
5.2	Tecnologia.....	80
5.2.1	Borregaard.....	80

5.2.2	UPM.....	81
5.2.3	Stora Enso.....	82
5.3	Produtos.....	83
5.3.1	Borregaard.....	83
5.3.2	UPM.....	84
5.3.3	Stora Enso.....	85
5.4	Estruturação.....	86
5.4.1	Borregaard.....	86
5.4.2	UPM.....	88
5.4.3	Stora Enso.....	90
5.5	Síntese da Análise.....	91
6	Conclusão e Considerações Finais	94
7	Referências	98

Índice de Figuras

Figura 1: Comparação da produtividade florestal de coníferas e de folhosas no Brasil com países selecionados, 2012. Fonte: ANUÁRIO ABRAF, 2013.	9
Figura 2: Processo Kraft de produção de celulose. Fonte: Adaptado de MERCER INTERNATIONAL GROUP, 2010.	12
Figura 3: Classificação das fibras. Fonte: Adaptado de BIAZUS, DA HORA e LEITE, 2010.	13
Figura 4: Taxas de crescimento/redução da oferta global de papel (à esquerda) e perfil de crescimento na oferta para cada tipo de papel (à direita). Fonte: RISI PULP AND PAPER, 2015.	19
Figura 5: Mix de fibras na produção mundial de papel. Fonte: FOSTER VIDAL e DA HORA, 2012.	21
Figura 6: Consumo aparente global de celulose de acordo com o tipo. Fonte: FOSTER VIDAL e DA HORA, 2012.	22
Figura 7: Dez maiores produtores mundiais de celulose, a partir de madeira ou outras fontes. Fonte: FOSTER VIDAL e DA HORA, 2012.	23
Figura 8: Produção regional de celulose. Fonte: EUROPEAN PULP AND PAPER INDUSTRY, 2014.	24
Figura 9: Consumo regional de celulose. Fonte: EUROPEAN PULP AND PAPER INDUSTRY, 2014.	24
Figura 10: Uma indústria em construção com 4 dimensões-chave em coevolução.	28
Figura 11: Portifólio de produtos da Borregaard. Fonte: Borregaard, 2016.	38
Figura 13: Etapas do processo realizado na planta piloto BALI, e os 2 pedidos de patente pendentes. Fonte: Adaptado de BORREGAARD, 2013.	46
Figura 14: Joint venture entre a Borregaard e a Rayoner Advanced Materials. Fonte: Adaptado de FERNANDINA OBSERVER, 2016.	49
Figura 15: Etapas do processo de produção do BioVerno. Fonte: Adaptado de UPM BIOFUELS, 2016.	58
Figura 16: Plantrose® Process. Fonte: Adaptado de RENMATIX, 2016.	61
Figura 17: Processo integrado do projeto ValChem. Fonte: Adaptado de VALCHEM, 2015.	64
Figura 18: Compra de madeira por região. Fonte: Adaptado de STORA ENSO, 2015.	66
Figura 19: Comparação do volume de vendas e do lucro obtido pelos setores nos anos 2006 e 2015. Fonte: Adaptado de STORA ENSO, 2015.	67

Figura 20: Esquematização da tecnologia LignBoost, em uma das primeiras plantas elaboradas. Fonte: Adaptado de VALMET, 2016.....	73
Figura 21: Processo CASE™ da Virdia. Fonte: Adaptado de VIRDIA, 2012.....	74
Figura 22: Participação das empresas e parcerias desenvolvidas em projetos relacionados à biobased industry.. Fonte:Elaboração própria.	92

Índice de Quadros

Quadro 1: Características das empresas analisadas. Fontes: Relatórios anuais das respectivas empresas, nos últimos 10 anos.	35
Quadro 2: Análise dos movimentos de acordo com as dimensões – Caso Borregaard.	41
Quadro 3: Análise dos movimentos de acordo com as dimensões – Caso UPM.	54
Quadro 4: Análise dos movimentos de acordo com as dimensões – Caso Stora Enso.	69

1 Introdução

A economia mundial vem enfrentando novos desafios, entre estes o crescimento significativo das economias emergentes, o que reflete na maior demanda por matérias-primas e energia, em contraste com um ritmo mais lento das economias desenvolvidas. Outro desafio é encontrado na coordenação da expansão da produção global, muito dependente de produtos de base fóssil e, conseqüentemente, da volatilidade dos preços do petróleo. Além disso, existe uma constante preocupação mundial com danos ambientais e compromissos de redução da emissão de gases do efeito estufa (COP21¹) e da geração de resíduos (BASTOS, 2012; ONU, 2015).

As mudanças climáticas, motivando a busca por tecnologias e produtos mais limpos, somadas ainda à questão da dependência da matéria-prima fóssil, favorecem o surgimento de oportunidades para o desenvolvimento de uma indústria baseada em matérias-primas renováveis (COUTINHO & BOMTEMPO, 2011). Neste contexto, verifica-se uma corrida tecnológica na busca por processos e produtos derivados de matérias-primas renováveis, o que configura o surgimento da bioeconomia, ou indústria de base renovável (*biobased industry*) (ALVES, 2013).

O conceito de bioeconomia recebeu maior foco recentemente, e, por isso, ainda não há um consenso a respeito. Apesar disso, de acordo com a Comissão Europeia, pode-se dizer que o termo "bioeconomia" engloba a produção de recursos biológicos renováveis e a conversão destes recursos e fluxos de resíduos em produtos de valor agregado, como alimentos, rações, fibras, produtos de base renovável e na produção de energia, promovendo o crescimento de novos negócios, empregos e indústrias (EUROPEAN COMMISSION, 2012).

O foco em tecnologias que utilizem matérias-primas renováveis tem grande sinergia com o conceito de biorrefinaria, o qual apesar de ainda recente e não consolidado, parte da mesma lógica de integração de processos

¹ No dia 12 de dezembro de 2015, em Paris, foi adotado um novo acordo global que busca combater os efeitos das mudanças climáticas, bem como reduzir as emissões de gases de efeito estufa.

atualmente adotada nas refinarias de petróleo. Em resumo, a atividade realizada em uma biorrefinaria é o processamento sustentável de biomassa em um espectro de produtos comercializáveis e de energia. Isto significa que a biorrefinaria pode ser uma instalação, um processo, uma planta, ou mesmo um conjunto de instalações (IEA BIOENERGY, 2015).

Ao contrário da transição de uma indústria química à base de carvão para uma indústria petroquímica, onde a disponibilidade de matérias-primas viabilizou a mudança, a evolução da *biobased industry* apresenta o desafio da acessibilidade/desenvolvimento de matérias-primas renováveis, que sejam adequadas para tecnologias de conversão economicamente viáveis, produzindo bioprodutos e biocombustíveis (BOMTEMPO e ALVES, 2014). Considerando a vantagem de acesso a matéria-prima e *know-how* no processamento da biomassa, as empresas de papel e celulose poderiam aproveitar oportunidades nessa indústria em desenvolvimento.

A indústria de papel e celulose consiste em uma indústria de base, madura, relativamente conservadora e intensiva em capital, recursos naturais e energia. Existem dois setores, com comportamentos de mercado diferentes, dentro desta indústria, que serão explorados ao longo do trabalho: o setor de celulose e o setor de papel (VIDAL & DA HORA, 2012). A partir da biomassa florestal, algumas correntes existentes nas fábricas de papel e celulose são interessantes para uso em biorrefinarias, como a celulose, a hemicelulose e a lignina² (BIAZUS, DA HORA & LEITE, 2010).

A hemicelulose é um polissacarídeo que pode ser recuperado da madeira ou do licor negro. Ela tem um grande potencial para se tornar uma matéria-prima alternativa bastante atraente para o revestimento de papel de embalagem e na fabricação de filmes de proteção. Tem-se estudado a aplicação de derivados da hemicelulose como aditivos e adesivos na fabricação de papel, além da

² Os principais componentes da biomassa lignocelulósica são a celulose, a hemicelulose e a lignina. Em termos de massa, a celulose é um dos principais constituintes das paredes celulares das plantas (aproximadamente um terço da massa total) e encontra-se combinada, entre outros, com a hemicelulose – substância que se intercala às microfibrilas de celulose – e com a lignina, substância que une as fibras e confere à madeira a resistência característica a esforços mecânicos (BIAZUS, DA HORA & LEITE, 2010).

produção de hidrogéis, furfural (com inúmeras aplicações), xilitol e manitol (adoçantes) (CGEE, 2013).

A celulose, um polissacarídeo caracterizado pelo alto grau de polimerização, que seria prioritariamente utilizada como matéria-prima na produção de papéis, também tem outras aplicações, muito semelhantes às aplicações da hemicelulose, devido às características moleculares similares. A lignina, que pode ser recuperada do licor negro, quando não é queimada para a geração de energia, pode ser utilizada em diversas aplicações, tais como aglutinadores, surfactantes, baterias e aditivos em pavimentações rodoviárias (CGEE, 2013).

Apesar de grandes oportunidades para a indústria de papel e celulose, a transição para a *biobased industry* apresenta desafios, como a busca por tecnologias capazes de converter a biomassa de madeira em uma variedade de produtos de maior valor agregado, a estruturação dos negócios para entrar em novos mercados, escolhas de parcerias, entre outros fatores que serão explorados neste trabalho. Algumas questões se impõe: Existem iniciativas dos *players* da indústria em questão no aproveitamento dessas oportunidades? Essas iniciativas mostram um direcionamento para a entrada em novos mercados e negócios? Ou a participação dos *players* se restringe ao fornecimento de matéria-prima para a indústria de base renovável? Como as empresas estão estruturando seus negócios para viabilizar os projetos relacionados a esta indústria em formação?

Buscando responder estas e outras questões, o objetivo do trabalho é explorar a inserção de empresas de papel e celulose na *biobased industry*. Para esse fim, foram identificadas e analisadas algumas empresas relevantes dentro da indústria de papel e celulose, cujos movimentos em relação a essa *biobased industry* tem sido observados nos últimos anos.

O trabalho está estruturado em seis capítulos, incluindo esta introdução. O segundo capítulo apresenta uma revisão bibliográfica acerca da indústria de papel e celulose, com uma contextualização histórica, os processos produtivos e características de mercado. O terceiro capítulo aborda os conceitos e ideias da *biobased industry*, buscando uma melhor compreensão do assunto e das

oportunidades geradas, de forma a identificar as dimensões a serem analisadas. O quarto capítulo descreve as empresas e os respectivos projetos analisados, e o quinto capítulo segue com uma análise geral e comparativa das empresas. O sexto capítulo, por fim, traz as conclusões, limitações do estudo e sugestões para trabalhos futuros que possam vir a complementar este.

2 A Indústria de Papel e Celulose

O presente capítulo abordará uma breve contextualização histórica da indústria de papel e celulose no mundo, e no Brasil, o processo produtivo, abrangendo as rotas de produção e as características das fontes de matérias-primas e dos produtos, além de uma breve análise mercadológica, com o intuito de compreender essa indústria e, posteriormente, entender melhor os movimentos em torno da *biobased industry* e a motivação desses movimentos.

Embora algumas informações, como o processo produtivo do papel e a análise mercadológica dessa indústria, pareçam, à princípio, pouco relevantes para o desenvolvimento do presente trabalho, que não se aprofunda no setor de papel, uma rápida contextualização pode ser importante para compreender as possíveis razões dos movimentos de entrada em novos mercado por parte das empresas de papel e celulose.

2.1 Contextualização Histórica

Condicionada pelo crescimento do mercado e pelos recursos (matéria-prima) e tecnologia disponíveis, a indústria de papel e celulose passou por estágios de crescimento, maturação e até mesmo declínio, em numerosas economias maduras, durante os últimos 200 anos. Atualmente, seu desenvolvimento tem sido relativamente incremental e previsível, com mudanças lentas no domínio da indústria global (OJALA, *et al.*, 2013).

O surgimento do papel aconteceu na China, no início do século II, sendo o papel fabricado a partir de córtex de plantas e tecidos velhos. Contudo, essa invenção demorou um longo tempo para chegar ao Ocidente, sendo antes largamente difundido entre os árabes, que instalaram a primeira fábrica de papel da Europa, na Espanha, no século XII (OSORIO, 2007).

Em meados do século XVIII, pensou-se no uso da madeira como matéria-prima para a fabricação de papel, a partir da observação de que as vespas mastigavam madeira podre e empregavam a pasta resultante para produzir uma substância semelhante ao papel, usada na confecção de seus ninhos. Mas

somente em meados do século XIX a madeira passou a ser a principal fonte de matéria-prima para a fabricação de papel, época em que surgiu uma forte demanda deste material para a impressão de livros, jornais, e fabricação de outros produtos (OSORIO, 2007).

As primeiras espécies de árvores usadas na fabricação de papel em escala industrial foram o pinheiro e o abeto, das florestas de coníferas encontradas no norte da Europa e da América do Norte. Outras espécies foram usadas, como o videiro, a faia, o choupo preto e o bordo, nos Estados Unidos e Europa Central e Ocidental; o pinheiro no Chile e na Nova Zelândia e o eucalipto no Brasil, Espanha, Portugal, Chile e África do Sul. Somente a partir de 1960 é que o eucalipto tornou-se amplamente utilizado como principal fonte de fibra para a fabricação de papel, promovendo uma grande transformação, e tornando esse produto, que antes era um artigo de luxo com alta qualidade e baixo volume de produção, um bem produzido em grande escala, a preços acessíveis e com boa qualidade (OSORIO, 2007).

A partir daí, verificaram-se diversos deslocamentos de domínio dessa indústria pelo mundo. No início do século XX, o controle da indústria passou da Grã-Bretanha para os EUA e a Alemanha; ainda em meados do século XX, Canadá, Japão e países nórdicos, passaram a ter o domínio, que no início do novo milênio, se deslocou lentamente para a China e a América do Sul (maior acesso ao eucalipto). Nessas mudanças, o domínio se transferiu sempre para a região com o mais alto potencial de mercado e maior aceleração no crescimento econômico. Da mesma forma, semelhanças entre regiões que perdem a sua vantagem competitiva se caracterizam por saturação da demanda, debilitando em função disso os incentivos para investir em capacidade de produção (OJALA, *et al.*, 2013).

Olhando brevemente para o Brasil, a indústria de papel e celulose tem uma história mais recente, com um crescimento bastante tímido até o início da década de 50. Entre as décadas de 50 e 70 houve um salto de crescimento na indústria, devido, principalmente, à incentivos fiscais³ e à fixação de volumes

³ Referindo-se à política de incentivos fiscais de 1966 (Lei 5.106), que, ao permitir a dedução do Imposto de Renda para investimentos em projetos de reflorestamento, aprovados pelo Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), propiciou a expansão de maciços florestais no Brasil, especialmente de pinus e eucalipto (FGV-EAESP, 2012).

mínimos de produção para a obtenção de financiamento (ação realizada pelo BNDES e pelo CDE⁴). Um dos importantes projetos desta época foi a utilização do eucalipto como fonte de matéria-prima para a produção de papel e celulose, que foi um marco para a indústria e permitiu ampliar a produção de celulose brasileira (FGV-EAESP, 2012).

Nos anos 80, a desaceleração da economia brasileira e mundial, fez a indústria reforçar seus esforços para exportar mais e reduzir custos, o que permitiu a consolidação da indústria de papel e celulose. Nesse período, além do crescimento do setor, houve relevantes investimentos financeiros em modernização e em ganho de produtividade das plantas industriais, bem como na profissionalização da gestão das empresas e o acúmulo de *know-how* no uso de eucalipto na produção de celulose e papel (VIDAL e DA HORA, 2012; FIGUEIREDO, 2011). Já nos anos 1990, a indústria de celulose e papel atingiu a maturidade e passou a ter seu avanço ditado pelo mercado e pelas necessidades de expansão das empresas, e não mais pelas exigências do desenvolvimento planejado do país (VIDAL e DA HORA, 2012).

De modo geral, a indústria de papel e celulose acompanhou as tendências internacionais da globalização industrial, tendo a procura e o suprimento de matérias-primas como fatores importantes em sua evolução. Transições de vantagem competitiva de uma região para outra costumavam ocorrer em consequência de uma dinâmica de mercado variável, na qual novas economias se aqueciam pelo mundo, novas oportunidades surgiam nessas regiões e os produtores locais se desenvolviam, deslocando o domínio de forma regular e previsível. A globalização modificou radicalmente esta dinâmica. A evolução de populações de firmas regionais assume um aspecto diferente daquele que ela apresenta historicamente, uma vez que há um número crescente de corporações multinacionais, que podem expandir-se para qualquer mercado emergente, atropelando as firmas domésticas nascentes (OJALA, *et al.*, 2013).

Hoje, a indústria de papel e celulose consiste em uma indústria de base, madura, relativamente conservadora e intensiva em capital, recursos naturais e energia. Baseada na produção de *commodities*, o setor enfrenta um desafio em

⁴ Conselho de Desenvolvimento Econômico (FGV-EAESP, 2012).

relação a oferta, com capacidade intermitente, e a flutuação dos preços dos produtos. Segundo Vidal e Da Hora (2012), dentro da indústria, existem dois setores, com comportamentos de mercado diferentes, o setor de celulose - setor com crescimento mais acelerado, produção direcionada tanto ao consumo interno quanto à exportação, e tendência a concentração da produção próxima às áreas florestais - e o setor de papel - setor de crescimento mais lento, com foco no mercado interno, e tendência à concentração da produção mais próxima ao mercado consumidor.

2.2 Processo Produtivo

2.2.1 Fontes de Matérias-primas

As fibras vegetais são formadas por diversos componentes químicos constituídos a base de Hidrogênio (H) e Carbono (C), sendo os principais a celulose, a hemicelulose e a lignina, todos com aplicações interessantes dentro da *biobased industry*. A celulose, que é um polissacarídeo caracterizado por longas cadeias lineares com alto grau de polimerização, se constitui no principal componente de todas as fibras vegetais, pois confere a mesma resistência mecânica (SILVA e JERÔNIMO, 2012).

A hemicelulose é constituída por uma mistura de polissacarídeos amorfos com grau de polimerização de 10 a 100 vezes menor que o da celulose. A lignina é constituída por polímero complexo de estrutura amorfa, com componentes aromáticos e alifáticos, se associando a celulose e hemicelulose durante a formação da parede celular dos vegetais e tem como finalidade conferir rigidez a mesma. Sua concentração nas fibras influencia a estrutura, as propriedades, a morfologia, a flexibilidade e a taxa de hidrólise (SILVA e JERÔNIMO, 2012).

Alguns tipos de madeira, como pinheiro e araucária possuem fibras longas (3 a 6 mm), enquanto que as do eucalipto, carvalho, possuem fibras mais curtas e finas (0,5 a 1,5 mm) (BIAZUS, DA HORA & LEITE, 2010). As madeiras integrantes do primeiro grupo são denominadas coníferas ou *softwood*, enquanto que as do segundo são conhecidas por folhosas ou *hardwood* (NAVARRO, NAVARRO & TAMBOURGI, 2007). As coníferas são encontradas,

principalmente, nas regiões temperadas, e as folhosas geralmente encontradas em regiões temperadas e tropicais (NIELSEN, 2010).

Na figura 1, verifica-se a produtividade de alguns dos principais produtores florestais, de coníferas e folhosas, mostrando, também, a distribuição geográfica de ambos os tipos. Fica evidente a vantagem brasileira no que se refere à oferta de matérias-primas, madeiras de ambos os tipos, tanto em relação aos países tradicionais da indústria de papel e celulose, a Finlândia, por exemplo, quanto países emergentes, como a China.

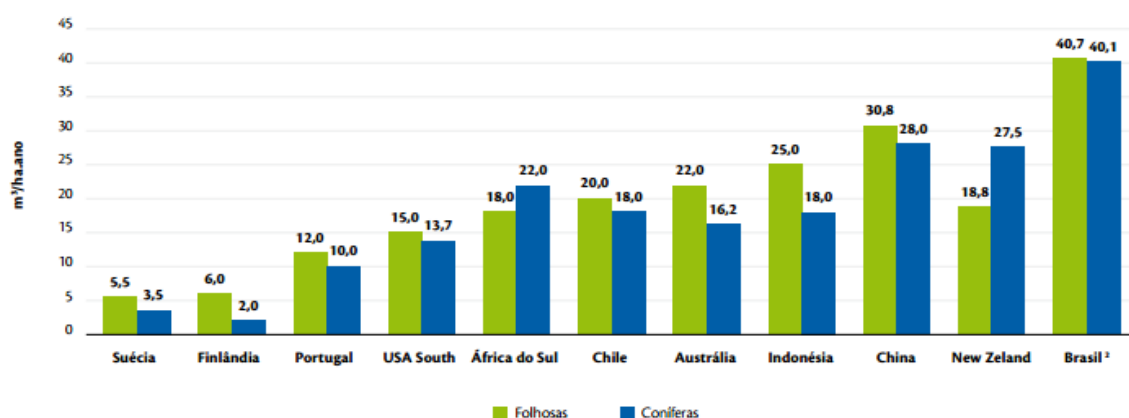


Figura 1: Comparação da produtividade florestal de coníferas e de folhosas no Brasil com países selecionados, 2012. Fonte: ANUÁRIO ABRAF, 2013.

As características básicas das fibras da celulose vão conferir a especificidade desejada aos diversos tipos de papéis. A fibra longa acrescenta características de resistência, opacidade e absorção, indispensáveis para certos tipos de papéis como os de embalagem e caixas de papelão. Já a fibra curta é usada para produzir papéis de boa qualidade ou que necessitem apresentar boa capacidade de impressão, maciez e, também, alta absorção. Estes são os papéis de imprimir e escrever, especiais e sanitários (UNICAMP-IE-NEIT, 2003). As madeiras de eucalipto e pinheiro não se diferenciam apenas no comprimento de seus elementos fibrosos, mas também na composição química. As madeiras de pinheiro são mais ricas em lignina e extrativos, e as de eucalipto são mais ricas em celulose e hemicelulose (CGEE, 2013).

Como já comentado anteriormente, referindo-se a *biobased industry*, os três componentes apresentam diversas aplicações possíveis, tanto separadamente, quanto juntos (madeira sólida). A celulose e a hemicelulose podem ser convertidas em açúcares intermediários, e posteriormente, bioquímicos e biocombustíveis. A lignina, por sua vez, além do poder energético, possui derivados com diversas aplicações, como surfactantes, aglutinadores etc. Além disso, a madeira (*hardwood* e *softwood*) pode sofrer processos termoquímicos capazes de convertê-la em biocombustíveis, o que será abordado mais adiante neste trabalho.

2.2.2 Rotas de extração da celulose

O processo de produção da celulose começa com a preparação da matéria-prima, o que inclui descascar (quando madeira é utilizada como matéria-prima), cortar, e outros processos tais como remoção do “miolo” (por exemplo, quando o bagaço é utilizado como matéria-prima). A polpa celulósica é produzida, principalmente, pelas rotas química e mecânica, e ainda variáveis como termomecânica e quimiotermomecânica (BRAJPAI, 2012).

A rota mecânica separa as fibras através de energia mecânica aplicada à matriz da madeira, causando a quebra gradual das ligações entre as fibras e a liberação destas em feixes, individuais e fragmentos. São as características da mistura de fibras e fragmentos que dão à pasta mecânica suas propriedades finais de impressão. Atualmente, polpas mecânicas são responsáveis por 20% de todo o material de fibras virgens disponíveis. Na produção de pasta mecânica, o objetivo é manter parte da lignina, de modo a atingir um rendimento elevado com propriedades de resistência e brilho aceitáveis (BRAJPAI, 2012).

Não é possível uma separação completa das fibras dos demais constituintes do vegetal com o processo mecânico, obtendo-se então uma pasta barata, cuja aplicação é limitada, pois o papel produzido a partir dela tende a escurecer (envelhecer) com certa rapidez, mesmo depois de passar pela etapa de branqueamento, devido à oxidação da lignina residual. A pasta mecânica pura, ou em composição com outra, é muito usada para a fabricação de papel

para jornal, revistas, embrulhos etc (NAVARRO, NAVARRO e TAMBOURGI, 2007).

O processo de polpação química é usado para a produção da maioria dos papéis produzidos comercialmente no mundo, hoje. Tradicionalmente, este processo envolve um tratamento químico completo no qual o objetivo é remover componentes não celulósicos da madeira, deixando intactas as fibras de celulose. Na prática, a separação dos componentes nunca é completamente realizada. No entanto, já é satisfatório o rendimento de aproximadamente 45 – 55% da massa de madeira. As rotas químicas mais utilizadas são o processo *Kraft* (sulfato) e processo sulfito (BRAJPAI, 2012).

Dentre os dois processos, o dominante na indústria de papel e celulose é o processo *Kraft* (figura 2). No processo de cozimento, os químicos ativos (licor branco) são o hidróxido de sódio (NaOH) e o sulfito de sódio (Na₂S). A madeira passa pelo digestor, onde se mistura com o licor branco e sofre o cozimento. Depois da reação, o licor negro (concentrado com lignina e demais químicos utilizados no processo) é direcionado para a etapa de recuperação, que gera energia para a planta e o licor branco (recuperado) retorna ao processo (CELULOSE ONLINE, 2016).

Após o processo de cozimento, a celulose obtida é então lavada e branqueada. Para a produção de papéis, a etapa de branqueamento é fundamental para assegurar a qualidade. Em casos de consumo interno para a produção de papéis (fábricas integradas), a polpa celulósica segue direto para a outra etapa, e em casos de venda externa, existe o processo de secagem da celulose, que é então direcionada para os compradores (celulose de mercado). O processo *Kraft* é aplicável a todas as espécies de madeira, e a celulose obtida possui propriedades de resistência superiores em comparação com a celulose obtida no processo sulfito (CELULOSE ONLINE, 2016).

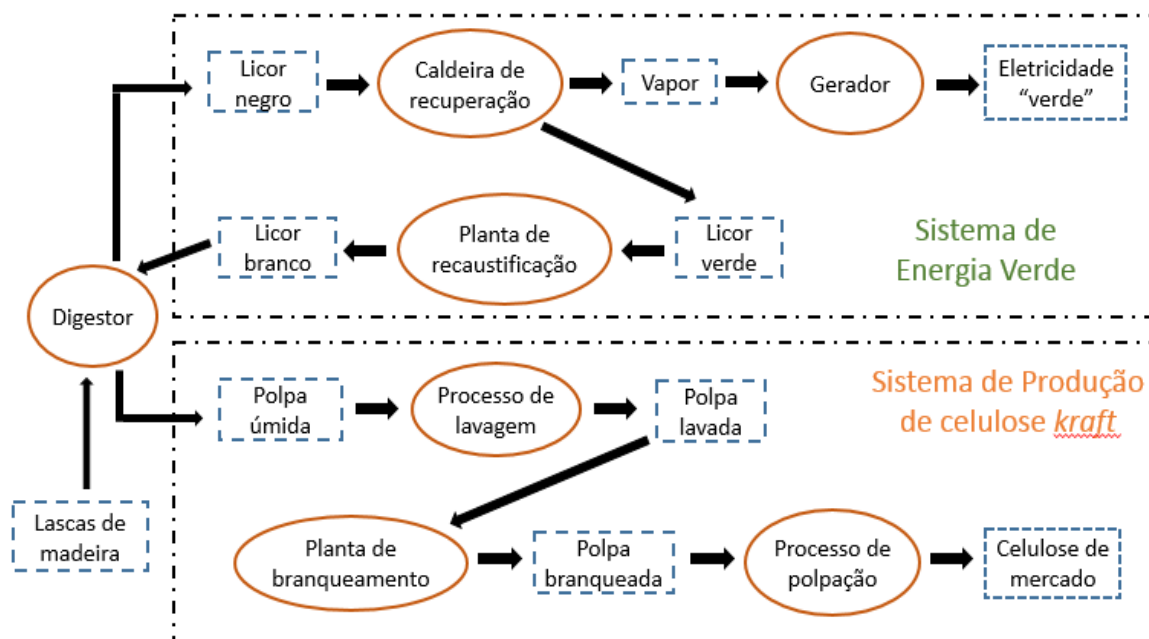


Figura 2: Processo Kraft de produção de celulose. Fonte: Adaptado de MERCER INTERNATIONAL GROUP, 2010.

A recuperação química é uma parte importante do processo de produção da celulose. Uma parte da matéria-prima de madeira é utilizada como fibras de celulose, enquanto a outra é utilizada como combustível para a produção de eletricidade e calor. Na verdade, uma planta de celulose tem duas linhas principais: uma linha de produção das fibras celulósicas e outra linha de recuperação do licor negro. As produtoras de celulose mais tradicionais, evaporam e queimam esse licor para a produção de energia, porém já foram analisadas alternativas de maior valor agregado para o uso desse licor residual, como na produção de bioquímicos e biocombustíveis, que serão vistas mais adiante neste estudo (BRAJPAI, 2012).

Já os processos químicos que utilizam sulfito são processos nos quais os cavacos são cozidos em digestores com um licor ácido, preparado a partir de um composto de enxofre (SO_2) e uma base, por exemplo, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaOH , NH_4OH etc. A pasta obtida dessa maneira tem um rendimento entre 40 e 60 % e é de branqueamento muito fácil, apresentando uma coloração clara que permite o seu uso mesmo sem ser branqueada. Esse processo, que era muito utilizado para a confecção de papéis para imprimir e escrever, tem sido substituído pelo processo sulfato (processo *kraft*), devido à dificuldade de regeneração dos produtos

químicos e os consequentes problemas com a poluição das águas (NAVARRO, NAVARRO e TAMBOURGI, 2007).

Cada processo de produção de celulose tem suas vantagens e desvantagens. A principal vantagem das rotas mecânicas é o elevado rendimento de fibras, de aproximadamente 90%. O rendimento das rotas químicas é de aproximadamente 50%, mas oferece propriedades de resistência mais elevadas e as fibras são mais facilmente quebradas, porque nesse processo existe maior remoção da lignina. Mesmo com o branqueamento posterior, estas fibras são suscetíveis de escurecimento. Esta é a razão pela qual os tipos de papel que contêm quantidades elevadas de fibras mecânicas, como jornais, descolorem rapidamente, especialmente quando expostos à luz solar (BRAJPAI, 2012).

2.2.3 Classificação das fibras de celulose

A celulose de madeira destinada à produção de papéis costuma ser classificada de acordo com três critérios (figura 3): origem (virgem ou reciclada), processo de produção (entre químico, semiquímico e mecânico) e destinação (mercado ou integrada). Além dessas classificações, as fibras ainda são diferenciadas de acordo com o tipo: fibra curta é originada de folhosas (como o eucalipto) e a longa de coníferas (como o pinheiro), e cada fibra tem propriedades que as tornam mais adequadas à produção de determinados tipos de papéis. O processo de produção determina o rendimento da madeira e a qualidade da celulose (BIAZUS, DA HORA e LEITE, 2010).



Figura 3: Classificação das fibras. Fonte: Adaptado de BIAZUS, DA HORA e LEITE, 2010.

As fibras de celulose podem ser virgens, quando resultam diretamente do processo de transformação da madeira em fibras pela decomposição química, mecânica ou térmica, ou recicladas, quando são obtidas de aparas de papel (pré-consumo) ou da reciclagem de papéis usados (pós-consumo), conforme a figura 3 (BIAZUS, DA HORA e LEITE, 2010). A celulose para produção de papéis compete diretamente com a fibra reciclada, feita com aparas de papel. Entretanto, as aparas não podem substituir por completo as fibras virgens, pois as fibras se degradam depois da reciclagem contínua (estudos sugerem que, em tese, a celulose pode ser reciclada em torno de seis vezes). O uso de aparas de papel, além de resultar em maiores perdas no processo produtivo em relação às fibras virgens, costuma requerer maior gasto com energia e químicos (FOSTER VIDAL e DA HORA, 2012).

A celulose é denominada integrada quando se destina à produção de papel em uma planta anexa à produção do insumo, ao passo que é denominada de mercado quando é vendida para outras plantas de papel. Assim, a celulose, tanto de mercado quanto integrada, costuma ser agrupada nas seguintes categorias principais (FOSTER VIDAL e DA HORA, 2012):

- Celulose *kraft* branqueada de fibra curta (*bleached hardwood kraft pulp* – BHKP);
- Celulose *kraft* branqueada de fibra longa (*bleached softwood kraft pulp* – BSKP);
- Celulose *kraft* não branqueada;
- Pasta mecânica;
- Demais tipos (inclui principalmente pastas químicas de processo sulfito e pastas semimecânicas).

2.2.4 Produção de Papel

➤ Fibras Virgens

Como visto anteriormente, a celulose é a matéria-prima mais importante no processo de produção do papel, e são as características básicas das fibras de celulose que vão conferir a especificidade desejada aos diversos tipos de

papel. A fibra longa acrescenta características de resistência, opacidade e absorção, indispensáveis para certos tipos de papéis como os de embalagem, caixas de papelão ou papéis absorventes. Já a fibra curta é usada para produzir papéis de boa qualidade ou que necessitam apresentar boa capacidade de impressão, boa formação, maciez e, também, alta absorção. Estes são os papéis de imprimir e escrever, especiais e sanitários.

A diferenciação dos papéis está na formulação dos produtos químicos utilizados e na matéria-prima básica. Existem alguns aditivos a serem utilizados no processo de produção de papel, os principais são: carga mineral (caulim, talco e dióxido de titânio), agentes de colagem (breu saponificado), sulfato de alumínio, amido, corantes e pigmentos, entre outros (CASTRO, 2009).

Para iniciar o processo de produção do papel, a pasta celulósica, em folhas ou em blocos, é desagregada em um equipamento chamado desagregador. Isso não ocorre nos casos de plantas integradas, que produzem tanto a celulose quanto o papel, quando a celulose já vem em suspensão e é armazenada em tanques de distribuição de massa. Posteriormente ao processo de desagregação, a polpa de celulose precisa de ser refinada. A refinação consiste em submeter as fibras de celulose a uma reação de corte, esmagamento ou fibrilação. O grau de refinação (maior ou menor) varia em função das características do papel que se pretende fabricar (CASTRO, 2009).

Após refinada, a pasta celulósica entra num tanque de mistura, onde a polpa de celulose é misturada com os demais componentes (cargas minerais, químicos e aditivos), os quais farão parte das características do papel. Então essa mistura sofre o processo de depuração, no qual é realizada a limpeza da massa, retirando contaminantes ou fibras que não sejam desejáveis para as finalidades do papel. O material rejeitado no depurador, após passar por uma peneira vibratória é retornado ao tanque da mesa plana, para reprocessamento. Toda a água do processo é recirculada através da bomba de diluição e da bomba de mistura. O excedente é devolvido ao desagregador (CASTRO, 2009).

Em seguida essa massa é direcionada para uma máquina de papel, que possui várias seções, com a seguinte função: retirar a água na qual encontram-se os componentes do papel (fibras, minerais, colas, aditivos) de forma a

produzir uma folha de largura, comprimento e espessura especificados com aplicação eventual de tratamentos superficiais seja por alisamento, seja por deposição de tintas, amidos, etc (CASTRO, 2009).

➤ *Papel Reciclado*

Há duas grandes fontes de papel a se reciclar: as para pré-consumo (recolhidas pelas próprias fábricas antes que o material passe ao mercado consumidor) e as para pós-consumo (geralmente recolhidas por catadores de ruas). De um modo geral, o papel reciclado utiliza os dois tipos na sua composição (PROJETO AMBIENTAL SUSTENTÁVEL, 2011). Os papeis coletados geralmente chegam a empresa misturados com outras substâncias. Na primeira parte do processo, todo o material coletado é triturado, formando uma pasta de celulose. Feito isso, esta pasta é peneirada para retirar todos os tipos de impurezas contidas na pasta como fitas adesivas, plástico, e alguns metais (PORTAL RESÍDUOS SÓLIDOS, 2013).

A retirada de tintas da pasta de celulose é feita então com a adição de compostos químicos (água e soda cáustica). Uma depuração mais fina separa a areia. Nos refinadores acontece um processamento da pasta para melhorar a ligação entre as fibras de celulose para que esta finalmente possa ser branqueada e seguirem para as máquinas de fazer papel (BRACELPA, 2016).

Conforme sua utilidade final, o papel reciclado recebe diferentes tratamentos que permitem melhor absorção de tinta na impressão, bem como lisura, resistência e cor adequada. No caso de embalagens, o papel é refinado e associado a outros materiais para ter mais resistência. Em papelões, a superfície externa das caixas é feita com fibras virgens, mais fortes, enquanto as fibras recicladas são mais empregadas no forro e miolo que compõem a camada interior do papelão (BRACELPA, 2016).

Para que o papel seja passível de reciclagem com qualidade, ele não pode estar “contaminado” com materiais tais como ceras, plásticos, manchas de óleo e tintura, terra, pedaços de madeira, barbantes, cordas, metais, vidros, etc., que podem dificultar o processo de reciclagem. Por isso, adota-se uma subdivisão

indicativa para papel reciclável e papel não reciclável (PORTAL RESÍDUOS SÓLIDOS, 2013).

2.3 Características de Mercado

A indústria de papel e celulose é altamente diversificada em termos de produtos, matérias-primas, qualidade dos produtos, canais de distribuição e usos finais. Por exemplo, *tissue*, papelão para embalagem e papel de jornal têm muito pouco em comum, além de seus processos de produção básicos e da fabricação ser intensiva em capital. Celulose, papel e placas de embalagens são normalmente produtos intermediários, utilizados como insumos na produção de produtos de maior valor agregado à jusante, enquanto alguns produtos, como *tissue* e papéis de escritório, são geralmente distribuídos para os consumidores, sem conversões adicionais (HETEMÄKI, HÄNNINEN e MOISEYEV, 2014).

A nível global, a rentabilidade das empresas da indústria florestal tem sido baixa nos últimos anos. A queda de preços do produto (considerando o papel ou papelão como produtos finais), devido ao excesso de capacidade combinada com o aumento dos custos de produção, têm pesado na rentabilidade do setor a nível mundial (FINNISH FOREST INDUSTRY BLOG, 2013). A indústria de papel e celulose carrega uma reputação de uma indústria relativamente conservadora, padronizada e madura (PÄTÄRI, KYLÄHEIKO e SANDSTRÖM, 2011).

Apesar de estarem intimamente ligados, como já comentado anteriormente, existem dois setores com comportamentos de mercado diferentes, o setor de celulose, com crescimento mais acelerado, produção direcionada, tanto à exportação quanto ao mercado interno, e tendência a concentração da produção próxima às áreas florestais, e o setor de papel, com crescimento mais lento, produção direcionada ao mercado interno e tendência à concentração da produção mais próxima ao mercado consumidor (VIDAL e DA HORA, 2012). Portanto, visando uma melhor compreensão das características dos dois setores, estes serão abordados separadamente nos subcapítulos que seguem.

2.3.1 Setor de Papel

O setor de papel é caracterizado como maduro, com baixa taxa de crescimento, pelo baixo grau de concentração (as principais produtoras de papel são responsáveis por menos de 40% do valor total), alto nível de investimento para entrada (custos fixos altos / barreira de entrada) e identificação com algumas marcas (barreira de entrada). Além disso, existem substitutos para alguns tipos de papel, com funções de impressão, revistas etc., em razão do advento de novas tecnologias (BARTUSCH, HALLQUIST, *et al.*, 2007).

O setor apresenta uma redução na taxa de crescimento do consumo global, devido, em grande parte, à queda de demanda a partir dos principais consumidores mundiais, que são os países desenvolvidos. Os tipos de papéis de imprensa e de imprimir e escrever foram os mais afetados, em consequência da concorrência com meios digitais, como *tablets* e *smartphones*, com maior penetração nos países mais desenvolvidos (mercado maduro). O mercado emergente ajudou a conter essa redução no crescimento, já que países como China, Brasil e outros em desenvolvimento, continuam a consumir esses papéis em um ritmo mais elevado (FOSTER VIDAL e DA HORA, 2012).

Já outros tipos de papel, como o ondulado (embalagens) e *tissue* têm mantido as taxas de crescimento. No primeiro caso, devido ao aumento da renda e da produção industrial, principalmente nos países emergentes, demandando maior quantidade de material para embalagens de produtos (inclusive aumento do e-commerce). E no segundo caso, tanto mercados maduros quanto emergentes mantiveram o crescimento, por ser um bem ainda sem substituto direto (POYRY, 2015).

Quanto à oferta destes produtos, como a produção de papéis tende a se situar próxima à demanda, o perfil de crescimento é semelhante ao observado no consumo (figura 4). Dados de 2010 revelam que o crescimento da oferta nos países desenvolvidos foi maior que o consumo, provavelmente em razão das grandes empresas já maduras e reconhecidas no setor. O mesmo aconteceu com a China, e isso tem grande relação com o crescimento da renda e dos investimentos no país. O mesmo não aconteceu com o Brasil e os demais países emergentes, cuja demanda superou a oferta, devido à baixa competitividade no

mercado mundial e baixos investimentos na produção de papel (FOSTER VIDAL e DA HORA, 2012).

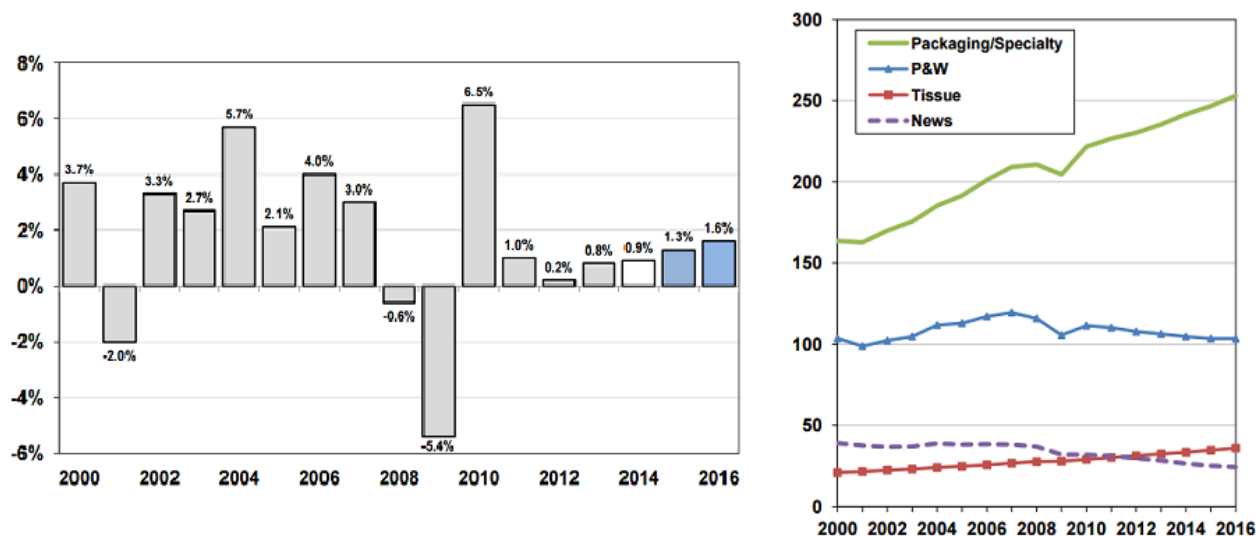


Figura 4: Taxas de crescimento/redução da oferta global de papel (à esquerda) e perfil de crescimento na oferta para cada tipo de papel (à direita). Fonte: RISI PULP AND PAPER, 2015.

O rápido crescimento da produção de papel asiática nos últimos anos tem aumentado a autossuficiência da região, reduzindo as oportunidades de exportação europeia e norte americana. Além disso, a Ásia - especialmente a China - começou a exportar papel para mercados no oeste. E devido aos custos inferiores nos novos países produtores em relação a países concorrentes no Ocidente, a concorrência global tornou-se consideravelmente mais difícil (FINNISH FOREST INDUSTRY BLOG, 2013).

2.3.2 Setor de Celulose

Como já abordado anteriormente, existem duas diferentes destinações para a celulose, após o processo de cozimento, a mesma pode ser direcionada para a produção de papel, dentro da própria planta (fábricas integradas) ou sofrer a secagem e ser encaminhada para comercialização (celulose de mercado). Apesar da previsão de baixo crescimento no setor de papel (papel de imprensa e de imprimir) nos próximos anos, devido aos fatores já comentados, o setor de celulose pode apresentar um perfil diferente de crescimento, já que usos

alternativos à destinação tradicional tem superado esse entrave, inclusive o uso em setores da indústria bioquímica.

A indústria mundial de celulose caracteriza-se por ser altamente globalizada e por ter importante barreira à entrada, dado que o valor do investimento é alto (existência de escala mínima de eficiência produtiva), a maturação dos investimentos é de longo prazo e a competitividade florestal e o acesso a terras são assimétricos. O componente tecnológico, por sua vez, não é restrito, a não ser pelo alto volume de recursos financeiros necessários à aquisição das máquinas e equipamentos de uma fábrica, inexistindo impedimento à utilização de tecnologias de ponta por um novo entrante (BIAZUS, DA HORA e LEITE, 2010). Outro fator importante na análise, dentro do mercado de papéis, é a competição com papéis reciclados, o que reduz a necessidade de fibras de celulose virgens em muitos casos.

A indisponibilidade de terras e a subutilização de tecnologia no segmento florestal, mais do que diminuir a competitividade – pelo elevado valor da terra, pela baixa produtividade da árvore ou pela dificuldade logística de suprimento e fornecimento –, pode inviabilizar estrategicamente um projeto. As principais empresas, em sua maioria de grande porte, destacam-se por altos investimentos e importantes estímulos a projetos florestais para o suprimento de madeira à produção (BIAZUS, DA HORA e LEITE, 2010).

A competitividade na indústria da celulose é global e marcada por vários aspectos, entre eles: aumento crescente de escala, com aumento da intensidade de capital; movimento latente de fusões e aquisições e redução no número de empresas; acirramento da concorrência; canais de distribuição e logística globais (mercado consumidor distante do mercado produtor); e comportamento cíclico de preços (BIAZUS, DA HORA e LEITE, 2010).

Os principais fatores para a avaliação da competitividade do produto final são os seguintes, nessa ordem: custo da madeira; logística; acesso a produtos químicos e custo da mão de obra; e custo da energia (indústria intensiva em energia, investimentos e matéria-prima). A substituição pelo produto reciclado e o nível de qualidade do produto final também devem ser considerados, embora,

no último caso, quando produzida para o mercado, a celulose tenha o caráter de *commodity* (BIAZUS, DA HORA e LEITE, 2010).

O consumo aparente global de celulose, inclusive quando produzidas a partir de outros insumos que não a madeira, oscilou nos últimos dez anos, mas encerrou 2010 com valores similares aos registrados em 2000, ao contrário do crescimento registrado no papel. O que explica tal divergência é a maior utilização de aparas (utilizadas por meio da reciclagem) no *mix* de fibra utilizado na produção de papel (figura 5) (FOSTER VIDAL e DA HORA, 2012).

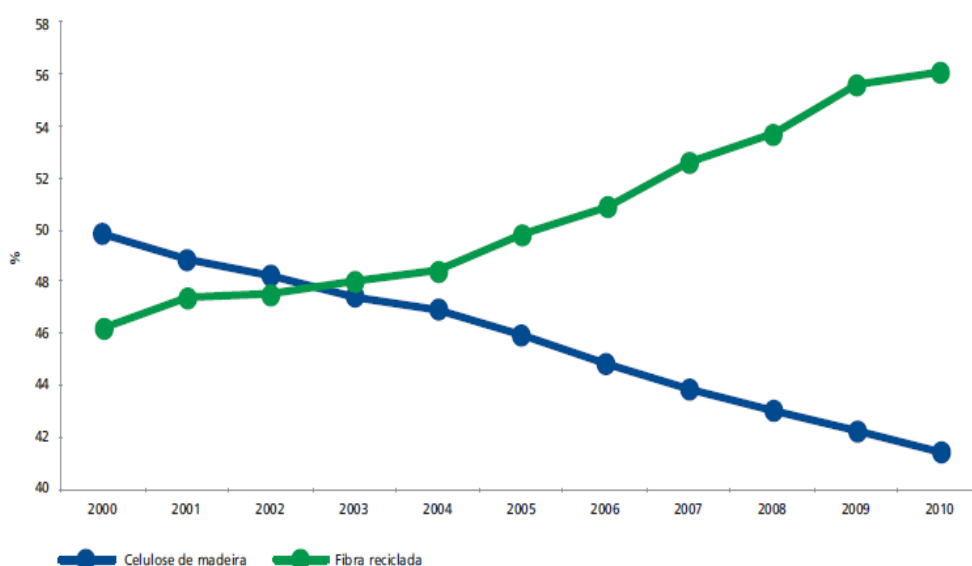


Figura 5: Mix de fibras na produção mundial de papel. Fonte: FOSTER VIDAL e DA HORA, 2012.

A pasta mecânica é muito utilizada na produção de papel de imprensa (já comentado), o que explica a queda em sua demanda. Já a celulose *kraft* não branqueada é muito utilizada em papéis de embalagens, que, apesar de responsáveis por um dos maiores crescimentos entre os papéis no período, utilizam cada vez mais fibra reciclada em sua produção. Já o bom desempenho de BHKP é explicado tanto pelo crescimento na demanda de papéis sanitários (crescimento da população mundial), papel-cartão e especiais, quanto pela substituição de BSKP, em função do baixo custo e de melhorias nas propriedades das fibras (figura 6) (FOSTER VIDAL e DA HORA, 2012).

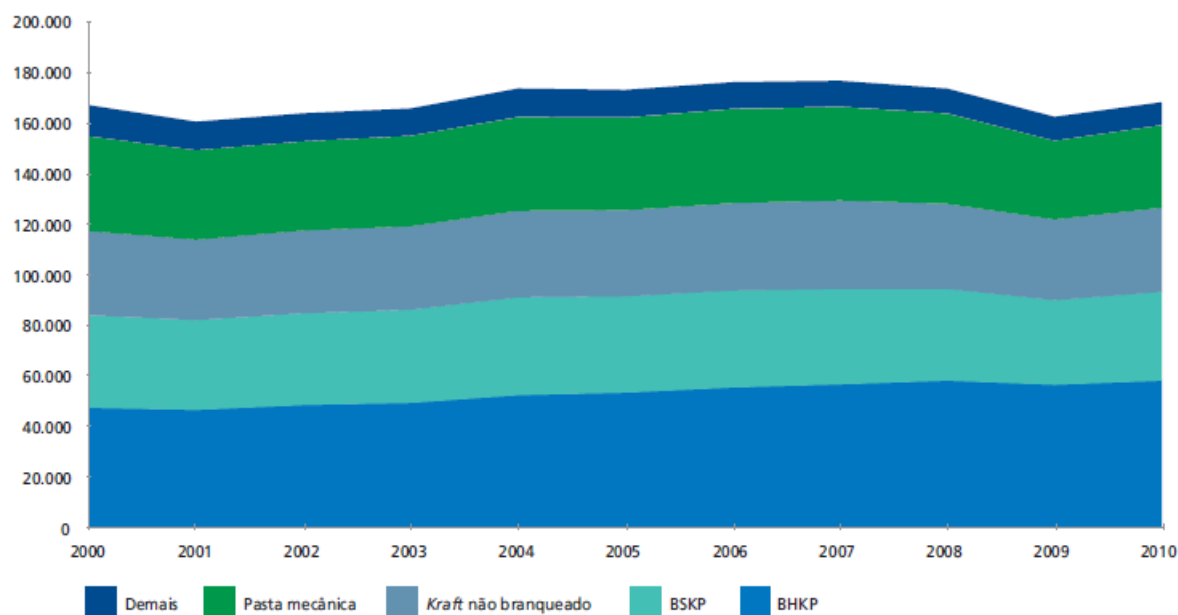


Figura 6: Consumo aparente global de celulose de acordo com o tipo. Fonte: FOSTER VIDAL e DA HORA, 2012.

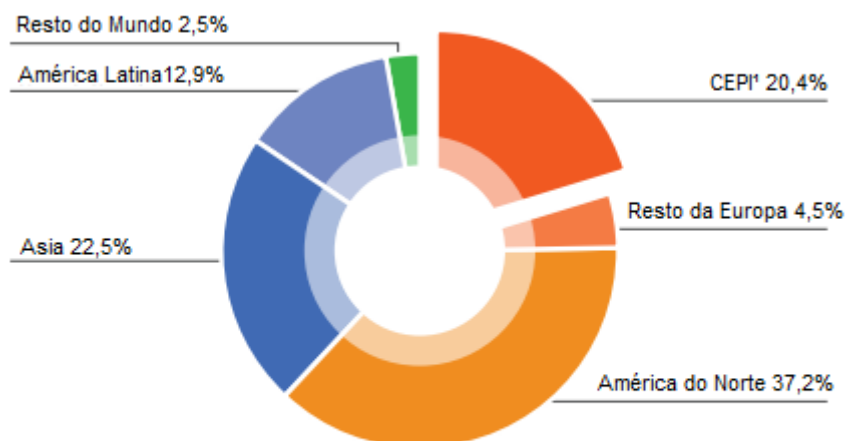
Quanto a oferta, países emergentes tem tido vantagens em relação a países desenvolvidos. Rússia, Indonésia, Brasil e Chile são exemplos de países que obtiveram um maior crescimento de oferta de celulose em relação a países mais tradicionais no mercado, como EUA, Canadá e Finlândia, por exemplo (FOSTER VIDAL e DA HORA, 2012). Isso se deve a uma maior competitividade das regiões do hemisfério sul, que são reflexos de maior disponibilidade e diversidade de matérias-primas, além da realização de altos investimentos no setor, com aumento das capacidades de produção nesses países (figura 7).

2000			2010		
País	Mil t	%	País	Mil t	%
ESTADOS UNIDOS	56.933	30,8	ESTADOS UNIDOS	49.243	26,5
CANADÁ	26.871	14,5	CHINA	22.042	11,9
CHINA	16.438	8,9	CANADÁ	18.536	10,0
FINLÂNDIA	11.910	6,4	BRASIL	14.062	7,6
SUÉCIA	11.517	6,2	SUÉCIA	11.877	6,4
JAPÃO	11.319	6,1	FINLÂNDIA	10.508	5,7
BRASIL	7.463	4,0	JAPÃO	9.393	5,1
RÚSSIA	5.885	3,2	RÚSSIA	7.421	4,0
INDONÉSIA	4.308	2,3	INDONÉSIA	6.278	3,4
ÍNDIA	2.770	1,5	CHILE	4.114	2,2
DEMAIS PAÍSES	29.564	16,0	DEMAIS PAÍSES	32.109	17,3
TOTAL MUNDO	184.978	100,0	TOTAL MUNDO	185.582	100,0

*Figura 7: Dez maiores produtores mundiais de celulose, a partir de madeira ou outras fontes.
Fonte: FOSTER VIDAL e DA HORA, 2012.*

As figuras 8 e 9 apresentam dados mais atualizados, porém menos específicos, dividindo por regiões globais a produção e o consumo de celulose, respectivamente, no ano de 2013. Percebe-se, no caso da América Latina, que a produção é muito superior ao consumo, devido à grande disponibilidade de matéria-prima atrelada ao baixo desenvolvimento da indústria na região, reduzindo o crescimento do consumo da celulose para a produção de produtos finais. Já o crescimento industrial e urbano acelerado observado na Ásia (principalmente o sudeste asiático), provoca uma demanda maior de matérias-primas e intermediários, aumentando o consumo da celulose, que é produzida em quantidade insuficiente, gerando a necessidade de importações.

Produção Mundial Total de Celulose por Região em 2013

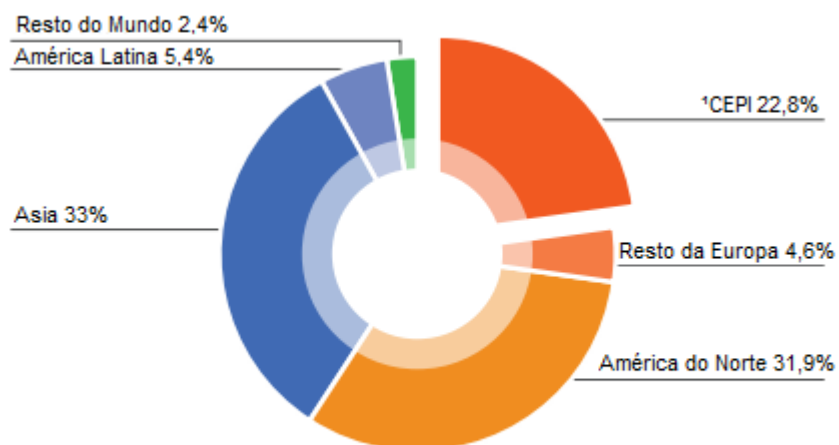


Produção total: 179,4 milhões de toneladas.

*CEPI: Confederação das indústrias de papel da Europa.

Figura 8: Produção regional de celulose. Fonte: EUROPEAN PULP AND PAPER INDUSTRY, 2014.

Consumo Mundial Total de Celulose por Região em 2013



Consumo total: 180,6 milhões de toneladas.

*CEPI: Confederação das indústrias de papel da Europa.

Figura 9: Consumo regional de celulose. Fonte: EUROPEAN PULP AND PAPER INDUSTRY, 2014.

3 *A Biobased Industry*

Tendo em vista as informações apresentadas até o momento, faz-se necessário compreender o conceito da *biobased industry*, de forma a identificar as dimensões de análise relevantes para a discussão sobre os movimentos de inserção das empresas de papel e celulose nesse contexto. O capítulo discutirá também as possíveis motivações para esse processo de inserção na *biobased industry*.

3.1 Conceito

A forte dependência por combustíveis fósseis devido ao consumo intensivo de derivados de petróleo combinada com a possível diminuição dos recursos petrolíferos, causa preocupações ambientais e políticas. Buscando reduzir a dependência do petróleo e, ao mesmo tempo, mitigar a mudança climática, impulsionada pelas atividades dos setores de transporte e químico, cadeias produtivas alternativas são necessárias. Há um consenso sobre a inexistência de uma solução única para estes problemas, de forma que ações combinadas são necessárias, incluindo mudanças no comportamento social, mudanças nas tecnologias de veículos, expansão dos transportes públicos e introdução de combustíveis e tecnologias inovadoras (CHERUBINI, 2010).

Recentemente, importantes atores de outros setores industriais passaram a reconhecer as oportunidades na utilização de matérias-primas de base renovável, iniciando investimentos em atividades de P&D para a sua implementação. Além da segurança energética e dos aspectos ambientais, questões econômicas têm se tornado cada vez mais uma razão determinante, tal como a busca de fontes alternativas a matérias-primas fósseis, por causa da escassez destas ou como forma de diversificação de risco em função da alta volatilidade de seus preços. Essa corrida tecnológica na busca por processos e produtos derivados de matérias-primas renováveis configura o surgimento da bioeconomia, ou indústria de base renovável (*biobased industry*) (ALVES, 2013).

Considerado um setor em desenvolvimento, o conceito de bioeconomia, ou indústria de base renovável (*biobased industry*) está sujeito a discussões,

com uma grande variedade de abordagens e definições. Um dos primeiros registros do uso do termo é o da OCDE⁸, em 2009, abordando a bioeconomia como um mundo em que a biotecnologia contribui para uma parte significativa da produção econômica. Segundo a OCDE (2009), a bioeconomia emergente envolve três elementos: o uso de conhecimentos avançados de genes e processos celulares complexos para desenvolver novos processos e produtos, a utilização de biomassa renovável e bioprocessos eficientes para apoiar a produção sustentável e a integração dos conhecimentos e aplicações de biotecnologia em todos os setores.

Uma outra abordagem bastante utilizada, e mais recentemente registrada, é da Comissão Europeia, no documento *Innovating for sustainable growth: a bioeconomy for Europe (2012)*, entendendo que o termo bioeconomia engloba a produção de recursos biológicos renováveis e a conversão destes recursos e fluxos de resíduos em produtos de valor agregado, como alimentos, fibras, produtos de base renovável e na produção de energia (EUROPEAN COMMISSION, 2012).

Em síntese, o que resulta das definições e documentos mencionados, além de muitos outros existentes, é a visão de que a exploração dos recursos renováveis é um processo de inovação central na dinâmica econômica das próximas décadas tanto pelas inovações específicas dessa exploração como pela capacidade de integrar um conjunto de inovações centrais para um possível ciclo de crescimento da economia (BOMTEMPO, 2014).

Fortemente relacionadas ao conceito de bioeconomia estão as biorrefinarias, cuja definição que está entre as mais utilizadas é a da IEA *Bioenergy*⁹, a qual conceitua biorrefinaria como o processamento sustentável de biomassa em um espectro de produtos comercializáveis e energia. Isto significa que biorrefinaria pode ser uma instalação, um processo, uma planta, ou mesmo um conjunto de instalações (IEA BIOENERGY, 2015). Mesmo sem um consenso

⁸ A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico ou Económico (OCDE ou OECD em inglês) é uma organização internacional que auxilia os governos face aos desafios económicos, sociais e governamentais em uma economia globalizada (OCDE, 2016).

⁹ IEA *Bioenergy*, também conhecido como o Acordo de Implementação de um Programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Demonstração em Bioenergia, cujas funções foram criadas pela *International Energy Agency (IEA)* (IEA BIOENERGY, 2016).

sobre o conceito, as biorrefinarias seriam capazes de aproveitar integralmente as fontes de biomassa e teriam múltiplos produtos, ao associarem biocombustíveis (produtos de grande volume e baixos preços) com bioquímicos (produtos de menor volume a preços superiores) (BNDES, 2014).

As biorrefinarias têm sido consideradas similares em conceito às refinarias de petróleo, embora usem matéria biológica como matéria-prima, ao invés de petróleo. Entretanto, enquanto as refinarias de petróleo surgiram como clássicos laboratórios químicos, as biorrefinarias baseadas na biomassa têm origem através da interface entre engenharia, química e biotecnologia. É um conceito ainda em construção, que inclui, atualmente, diferentes fontes de matéria-prima e tecnologias de conversão (BASTOS, 2012).

A situação atual pode ser caracterizada como uma corrida tecnológica, com muitas apostas, mas grandes incertezas sobre qual matéria-prima e qual tecnologia serão bem sucedidas. Os principais desafios para a competitividade das biorrefinaria estão relacionados à disponibilidade e aos custos de matérias-primas, novas técnicas da moderna biotecnologia industrial, processos termoquímicos aperfeiçoados, desenvolvimento de aplicações em escala comercial, além da capacidade de unir múltiplas cadeias de valor (BASTOS, 2012).

3.2 Principais Dimensões de Análise

A identificação dos fatores de competitividade é uma etapa importante para um setor em estruturação, como o caso da *biobased industry*. Logo, esses fatores devem ser vistos como intimamente ligados a estratégias de inovação em setores emergentes, ainda em fase fluida, nos quais o nível de incerteza é elevado (BOMTEMPO, 2014).

No caso da *biobased industry*, as principais dimensões a serem analisadas são matérias-primas, tecnologias (de pré-tratamento e conversão), produtos e estruturação dos negócios, as quais evidenciam o modo como a indústria se organiza para conectar as demais dimensões, compondo um grande número de alternativas que um investidor/inovador pode adotar para montar o

seu negócio e explorar o potencial de demanda existente (figura 10) (BOMTEMPO, 2014). O que torna a discussão ainda mais complexa é a interrelação existente entre as dimensões e a influência que cada uma tem sobre as demais.

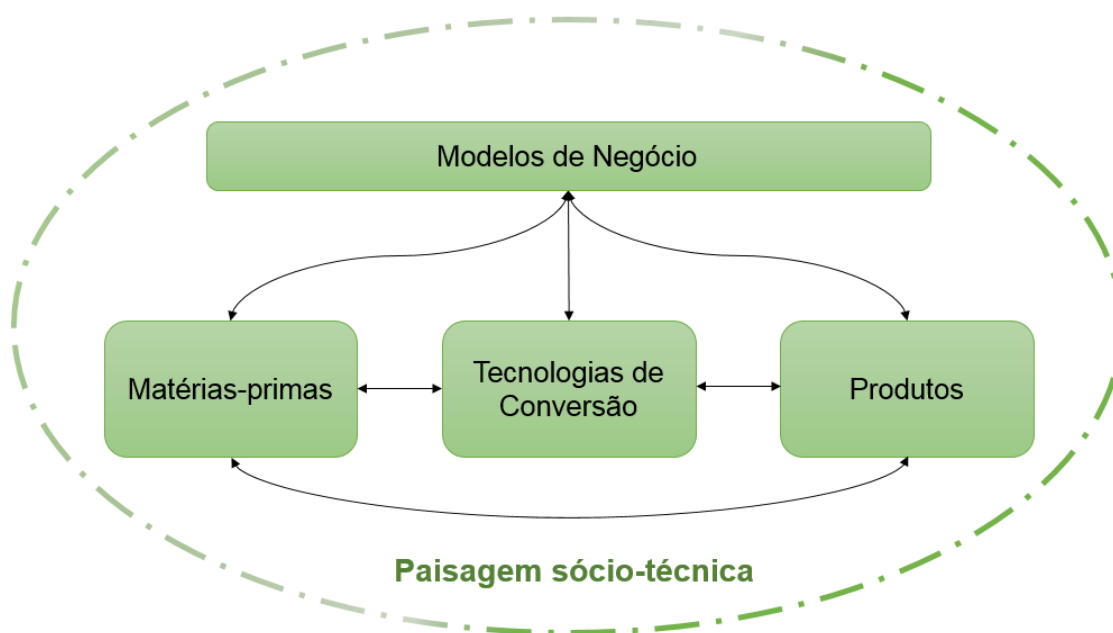


Figura 10: Uma indústria em construção com 4 dimensões-chave em coevolução. Fonte: Elaboração própria.

O ponto de partida para a estruturação de uma indústria de base biológica é a organização da oferta de matéria-prima (biomassa), que envolve não só o aspecto logístico, mas também os esforços em tecnologias agrícolas e tratamento de biomassa para posterior conversão, de forma a atender os requisitos de produtividade, disponibilidade, qualidade e custo (BOMTEMPO e ALVES, 2014). A biomassa pode ser entendida como qualquer tipo de material orgânico derivado de um organismo vivo (planta ou animal), que pode ser utilizada em processos de biorrefinarias (MELÉNDEZ, LEBEL e STUART, 2013).

A adoção de um tipo de matéria-prima deve ser vista como um elemento que exerce grande influência na estrutura da indústria, já que são muitas as possibilidades, e também é influenciada pelas demais dimensões, não se tratando de um contexto linear. Diferentemente da transição da indústria química baseada no carvão para a petroquímica, onde a disponibilidade de matéria-prima

possibilitou a mudança, a evolução da *biobased industry* apresenta o desafio da acessibilidade/desenvolvimento de matérias-primas renováveis, que sejam adequadas para tecnologias de conversão economicamente viáveis, produzindo bioprodutos e biocombustíveis (BOMTEMPO, 2013).

No caso da biomassa, a disponibilidade deve ser construída. A natureza e a composição causam dificuldades para a indústria que se desenvolveu processando fluidos (líquidos e gases) e precisa rever seus processos para lidar também com sólidos de processamento mais complexo. A competição com outros usos de algumas das matérias-primas renováveis cria dificuldades adicionais, tanto econômicas quanto éticas, no caso da competição com a produção de alimentos (BNDES, 2014; BOMTEMPO, 2013).

A produção dispersa em grandes áreas, geralmente afastadas dos grandes centros, desafia as cadeias de suprimento e a logística (BOMTEMPO, 2013). Normalmente, devido à baixa densidade de fontes de biomassa e baixos rendimentos de conversão, há um limite para transporte das matérias-primas para o local de conversão e, portanto, regiões com suprimento confiável de baixo custo têm uma vantagem significativa para a produção de biocombustíveis e bioquímicos. Regiões com grandes portos e a capacidade de importar quantidades significativas de matérias-primas também podem apresentar vantagem (EUROPEAN COMMISSION, 2015).

A escala de produção, a sazonalidade e a influência dos ciclos climáticos geram incertezas para os operadores industriais, que podem ser levados a rever seus conceitos de escala e de eficiência operacional. Esses dois fatores vão de encontro à lógica da indústria química tradicional de realizar operações contínuas. A interrupção da atividade industrial por conta da entressafra é uma restrição importante para a concepção atual de indústria intensiva em capital (BNDES, 2014; BOMTEMPO, 2013).

A possibilidade do uso de resíduos como matéria-prima revela uma grande oportunidade, de sustentabilidade, de não competição com alimentos, porém apresentam maiores desafios na acessibilidade, visto o baixo volume e a necessidade de etapas de pré-tratamentos para viabilizar os posteriores processos de conversão (BOMTEMPO e ALVES, 2014). Essa é uma grande

oportunidade para a indústria de papel e celulose, para o aproveitamento de seus resíduos na obtenção de produtos de maior valor agregado.

As etapas de pré-tratamento da matéria-prima, que estão totalmente conectadas tanto com a dimensão matéria-prima quanto a dimensão tecnologia, são fundamentais para o desenvolvimento de toda a cadeia produtiva de químicos de base renovável. A capacidade de gerar matérias-primas com baixo custo e com as características necessárias para alimentar os processos de conversão apresenta-se como um grande desafio tecnológico. É preciso considerar que cada biomassa tem propriedades distintas (umidade, composição química, conteúdo energético, tamanho etc), de forma que as tecnologias mais adequadas para o seu aproveitamento integral irão variar (ALVES, 2013; MELÉNDEZ, LEBEL e STUART, 2013).

A segunda dimensão fundamental consiste em tecnologias de conversão, que compreendem uma grande variedade de abordagens tecnológicas, como rotas bioquímicas, termoquímicas e químicas. Além disso, existem muitas proposições que combinam diferentes abordagens, levando ao aumento da diversidade e à maiores bases de conhecimento (BOMTEMPO e ALVES, 2014). A adoção de uma tecnologia de conversão tem relação direta com as matérias-primas, e reciprocamente (BOMTEMPO, 2013).

Olhando, agora, para os produtos, a capacidade de introdução e difusão de novos produtos é também uma dimensão cuja importância tem aumentado e tende a ser decisivo para a consolidação da indústria. A compreensão da utilização dos produtos e o desenvolvimento de relações com os complementadores e *end users*¹⁰ estarão no centro dos requisitos para a introdução de inovações (BOMTEMPO, 2014).

Segundo Christensen *et al* (2008 *apud* ALVES, 2013), existem duas abordagens possíveis quanto à estruturação da indústria de químicos a partir de matérias-primas renováveis. Na primeira, o foco está na obtenção de produtos já existentes a partir de matéria-prima fóssil, os chamados produtos *drop in*¹¹.

¹⁰ Usuários finais (segmentos específicos).

¹¹ São denominados *drop in* os produtos considerados substitutos perfeitos aos de base fóssil do ponto de vista de toda a cadeia a jusante de forma que se adaptam à cadeia produtiva e à infraestrutura existente permitindo o aproveitamento de ativos complementares e expertises já desenvolvidos e instalados pela atual estrutura industrial. Sob a mesma lógica, não *drop in* são

Esta denominação, inicialmente utilizada apenas para biocombustíveis, indica a não exigência de mudanças para os usuários, visto que as propriedades do produto se mantêm, direcionando os esforços de inovação para a matéria-prima e o processo de conversão. Na segunda abordagem, busca-se a geração de novos produtos, com propriedades que os tornem potenciais substitutos para os petroquímicos em alguns mercados e com possibilidades de novos mercados.

No caso dos produtos *drop in*, existem vantagens como menor risco para os *end users*, já que as propriedades técnicas e os processos de produção são conhecidos pela cadeia de valor, e não existe custo de mudanças, por não necessitar de ajustes nos processos e ativos complementares específicos. Os fatores-chave para competitividade, nesse caso, seriam a disponibilidade de matéria-prima a preços competitivos e a capacidade de desenvolvimento da tecnologia para produção dos monômeros. Já para os produtos novos, não *drop in*, é exigido um esforço de difusão do produto, o que inclui desenvolvimento de aplicações e estruturação das relações a jusante da cadeia, de modo a adquirir sólidas competências na compreensão da utilização final (OROSKI, ALVES e BOMTEMPO, 2014).

Além dessas, outras características são fundamentais quando os produtos estão sendo analisados. Os produtos podem ser commodities (alto volume e baixo valor agregado) ou especialidades (baixo volume a alto valor agregado), podem ocupar diferentes posições na cadeia produtiva (produtos intermediários ou finais) (BOMTEMPO, 2013). Outro ponto importante a ser observado para essa nova indústria em desenvolvimento é o grau de diversificação da produção em relação à produção tradicional dos potenciais *players* entrantes. Ou seja, analisar o quanto as empresas estão se distanciando da produção tradicional (no caso, papel e celulose) para alcançar mercados parcial ou totalmente distintos dos originais.

Para estruturar as dimensões citadas – matérias-primas, tecnologias de conversão e produtos – existe um grande número de empresas com diferentes perfis interagindo nessa indústria emergente. Desde startups de base tecnológica a empresas estabelecidas de diferentes setores (petróleo e gás,

novos produtos que exigem, para a sua difusão, o desenvolvimento de novas aplicações (BOMTEMPO, 2013).

química e petroquímica, papel e celulose, agronegócio e outros), tentam explorar suas competências-chave, ao mesmo tempo que buscam competências complementares dos diferentes perfis de empresas. A estruturação de alianças e associações para explorar esses efeitos de complementaridade é um atributo de competitividade desafiador tanto para as políticas quanto para as estratégias. Isso gera diferentes configurações de modelos de negócio¹², com uma diversidade de parcerias e associações (BNDES, 2014; BOMTEMPO, 2014).

Existem muitas teorias quanto ao conceito de modelos de negócios, porém a ideia principal é a forma como se cria e captura valor. O modelo de negócios de uma empresa é a lógica através da qual ela opera e cria valor para seus parceiros e consumidores, capturando valor em seus processos. A estratégia de competição utilizada por uma empresa é traçada a partir da escolha do modelo de negócios mais viável (MASANELL e RICART, 2009).

Como uma indústria em formação, são grandes os riscos e também as oportunidades, sendo a atuação por meio de parcerias uma boa estratégia para reduzir esses riscos e ampliar o acesso a diferentes rotas e produtos inovadores, dada a incerteza sobre qual caminho será vencedor. São feitas apostas em produtos ou tecnologias nos quais se enxergam maior potencial, sendo que a mesma empresa (especialmente as de maior porte) pode investir em tecnologias concorrentes, de modo a garantir o *know-how* na rota que, eventualmente, será a vencedora no médio e longo prazo (BNDES, 2014).

Um dos drivers para o avanço dos biocombustíveis e químicos renováveis é a atuação do governo, que pode incentivar ou regular demanda por produtos que sejam de interesse público (BNDES, 2014). Os mecanismos podem incluir o investimento em instalações de demonstração ou de produção comercial, mecanismos baseados no mercado, tais como mandatos ou incentivos, e políticas públicas. Políticas nacionais e regionais são fundamentais na orientação de pesquisa e desenvolvimento, impulsionando o crescimento industrial e a criação de demanda de mercado, como por exemplo, as políticas

¹² O modelo de negócio é a explicação de como sua empresa funciona e cria valor. Há muitas definições que buscam explicar o que significa o termo, mas a essência resume-se em entender como a empresa fará dinheiro, qual será ou é seu modelo de receita e como as várias áreas e processos de negócio se relacionam para atingir o objetivo de fazer com que a empresa funcione, gerando valor aos clientes (SEBRAE NACIONAL, 2016).

e mandatos nacionais para promover o uso de biocombustíveis. Políticas específicas de apoio ao desenvolvimento industrial e ao investimento em pesquisa são elementos fundamentais para o desenvolvimento da *biobased industry* e para o estabelecimento das indústrias de biocombustíveis e bioquímicos (EUROPEAN COMMISSION, 2015).

Dentro desse contexto, a indústria florestal apresenta o conjunto de habilidades e a infraestrutura necessários para o processamento de biomassa suficiente para um rápido desenvolvimento de biocombustíveis e bioquímicos (RAGAUSKAS *et al.*, 2006). A matéria-prima florestal tem potencial considerável para uso em biorrefinarias por ser a fonte mais abundante e renovável de material lignocelulósico no mundo. Os três principais componentes, celulose (40-45%), hemicelulose (20-30%) e lignina (20-30%) podem ser utilizados para o processamento em novos produtos. Hoje, a celulose é direcionada, principalmente, para o mercado de celulose e papel, mas pode se tornar cada vez mais importante para a produção de biocombustíveis e bioquímicos. A hemicelulose começou a atrair o interesse durante a última década como matéria-prima para bioetanol, biopolímeros, estabilizadores de emulsão, e aplicações de saúde. A lignina, como um resíduo, pode também ser usada como matéria-prima em outros tipos de biorrefinaria (EUROPEAN COMMISSION, 2015).

Resíduos florestais podem surgir a partir da manutenção e colheita das florestas e da transformação de madeira em produtos. Esses resíduos representam uma potencial fonte de biomassa subexplorada de baixo custo, embora as densidades sejam baixas (custos de transporte podem ser elevados) e a matéria-prima é muito heterogênea em termos de tamanho de partícula, umidade, cinzas e contaminantes. A principal vantagem do uso de resíduos florestais para a geração de energia é que já existe uma infraestrutura de recolha para a madeira extraída em muitas áreas (EUROPEAN COMMISSION, 2015).

As empresas que colhem madeira já possuem equipamentos e opções de transporte que poderiam ser estendidos a recolha de resíduos florestais. As cascas possuem alto teor de lignina, e também são ricas em fenóis, ácidos graxos e resinas adequadas para a produção de produtos químicos. As aparas e serragem são tipicamente muito semelhante à madeira virgem, mas secas, portanto, já têm uma ampla variedade de usos valiosos na produção de pellets

(para venda aos mercados de energia), produtos de madeira e fornecimento interno de energia (EUROPEAN COMMISSION, 2015).

Empresas da indústria de papel e celulose têm crescentemente se interessado pela diversificação de seu core business a partir do expressivo *know-how* que acumulam no cultivo, tratamento e processamento de recursos florestais (BOMTEMPO, 2013). Alguns fatores podem influenciar a entrada de *players* da indústria de papel e celulose na *biobased industry*. Essa indústria, principalmente nos países mais desenvolvidos, têm experimentado uma fase de redução nas taxas de crescimento de demanda em alguns setores, como papel de escritório e de imprensa, aumento nos custos de produção e aumento da competição, devido ao desenvolvimento de empresas em países emergentes. Nesse contexto, a produção de coprodutos de alto valor agregado a partir de correntes inutilizadas e resíduos do processo produtivo de papel e celulose pode ser um movimento interessante para evitar o declínio da indústria.

Outro fator já comentado que pode incentivar a entrada na nova indústria em formação, é a questão da matéria-prima. Etapa determinante para a viabilização dos processos de produção na *biobased industry*, o acesso à matéria-prima é considerado um desafio, como já abordado anteriormente. Esse desafio caracteriza uma oportunidade de entrada da indústria de papel e celulose, com acesso a matéria-prima e *know-how* no processamento da biomassa de madeira.

No entanto, existem desafios para a entrada de empresas da indústria de papel e celulose na *biobased industry*, como a busca por tecnologias capazes de converter a biomassa de madeira em produtos de maior valor agregado, a estruturação dos negócios para entrar em mercados distintos dos usuais, escolhas de parcerias com expertise e tecnologias complementares, entre outros entraves significantes, aumentando a importância das discussões que são apresentadas neste trabalho.

4 Metodologia e Apresentação das Empresas

Para entender como as empresas de papel e celulose têm desenvolvido seus projetos buscando a inserção na *biobased industry*, foram selecionados alguns dos principais *players* da indústria, a Borregaard, a UPM e a Stora Enso. As duas últimas, estão entre as cinco maiores produtoras de papel e celulose no mundo, e apresentam projetos e movimentos em torno de novos mercados (*biobased industry*) e aproveitamento de resíduos (RISI, 2015). A Borregaard, por outro lado, apresenta características muito distintas das demais, já que se deslocou completamente do mercado de papel para a produção de químicos de base renovável. Esses comportamentos distintos e os históricos de cada empresa possibilitaram enxergar as competências e necessidades de cada uma diante da *biobased industry*.

O quadro 1 evidencia algumas das diferenças entre as três empresas. A UPM e a Stora Enso possuem mais unidades de produção e uma receita operacional muito superior à da Borregaard, e, em números absolutos, maiores investimentos em P&D. Porém, ao analisar a participação dos investimentos em P&D em relação à receita anual de cada empresa, a Borregaard se destaca, indicando uma maior valorização da mesma por desenvolvimento e inovação.

	Unidades de Produção	Receita Operacional em 2015	Crescimento da Receita (últimos 10 anos)	Investimentos em P&D em 2015	Crescimento nos Gastos em P&D (nos últimos 5 anos)
Borregaard	1 biorrefinaria e 6 unidades de produção de lignina	US\$ 508,9 milhões	23%	US\$ 26,89 milhões (5% da receita da empresa)	De US\$ 6,84 para US\$ 26,89 milhões (de 1,4% para 5% da receita)
UPM	Plantas de produção em 13 países	US\$ 11.226 milhões	0,78%	US\$ 41,1 milhões (0,4% da receita da empresa)	De US\$ 48,9 para US\$ 41,1 milhões (a média de 0,4% da receita se manteve)
Stora Enso	Mais de 70 unidades de produção em 20 países	US\$ 11.159 milhões	Houve uma queda de 45% na receita entre esses anos	US\$ 137,8 milhões (1,2% da receita da empresa)	De US\$ 88,25 para US\$ 137,8 milhões (de 0,5% para 1,2% da receita)

Quadro 1: Características das empresas analisadas. Fontes: Relatórios anuais das respectivas empresas, nos últimos 10 anos.

As informações foram coletadas a partir de sites especializados relacionados a *biobased industry* (Biofuels Digest, European Biofuels, Biomass Magazine, entre outros), e relatórios e informações empresas, nos últimos 10 anos. Os projetos e parcerias foram analisados quanto ao envolvimento/participação das respectivas empresas, através da construção de um quadro analítico de cada empresa. Em seguida, no capítulo 5, foi realizada uma análise mais focada nas principais dimensões identificadas no capítulo 3: Matéria-prima, tecnologia, produtos e estruturação dos negócios, comparando os movimentos das três empresas estudadas.

4.1 Borregaard

Criada em 1889, a empresa norueguesa produzia, inicialmente, celulose para a fabricação de papel, a partir de biomassa de madeira. Mais tarde, através de uma estratégia de integração pra frente, a empresa passou a produzir também papéis finos a partir da celulose. Porém, pouco tempo depois, em torno de 1920, percebeu uma maior rentabilidade a partir da produção de celulose solúvel, o que levou a empresa a reduzir investimentos na produção de papel, até sua saída definitiva do negócio (na década de 90). A produção de celulose solúvel é hoje o negócio principal da Borregaard (RODSRUD, FRÖLANDER, *et al.*, 2012; BORREGAARD, 2016).

As principais tecnologias utilizadas na biorrefinaria da Borregaard, cuja produção foi iniciada em 1938, baseiam-se no cozimento de aparas de madeira com um licor de cozimento de bissulfito de cálcio (pré-tratamento). A linha de produção a partir da hemicelulose também teve início em 1938, quando o componente da madeira era fermentado à bioetanol e este utilizado para fins químicos, como solventes e desinfetantes, e só mais tarde comercializado como combustível. A destinação da produção de bioetanol era inicialmente diversificada para produzir químicos como ácido acético e acetato de vinila, o que não obteve muito sucesso, devido à competição com derivados fósseis de baixo custo, encerrando a produção (RODSRUD, FRÖLANDER, *et al.*, 2012; BORREGAARD, 2016).

A partir dos anos 60, a Borregaard passou a produzir também lignina e vanilina, utilizando integralmente os três componentes da biomassa de madeira. A lignina é extraída do licor residual do processo de cozimento das aparas de madeira e tratada para a obtenção de derivados avançados. A produção de vanilina foi possível a partir de uma tecnologia que a empresa licenciou da Du Pont, de oxidação da lignina, com uso de catalisadores. No início, a rota petroquímica para a produção da vanilina, superou a rota a partir da biomassa devido ao custo inferior. Apesar disso, hoje, a vanilina produzida a partir de biomassa é preferida em alguns mercados, devido a qualidade superior e ao apelo ambiental (RODSRUD, FRÖLANDER, *et al.*, 2012; BORREGAARD, 2016).

Inicialmente produtora de papel e celulose, a empresa se retirou completamente do mercado de papel para adotar uma estratégia dirigida para a produção de produtos de valor agregado a partir de matérias-primas renováveis (figura 11). É importante destacar que esse redirecionamento estratégico da empresa teve início em um momento no qual ainda não se dava ênfase a *biobased industry*, o que indica um posicionamento diante da exploração da matéria-prima renovável anterior a um contexto favorável a essa indústria. Além de já ter um portfólio significativo de produtos obtidos a partir da biomassa de madeira, os projetos mais atuais da empresa confirmam esse direcionamento estratégico (BORREGAARD, 2014).

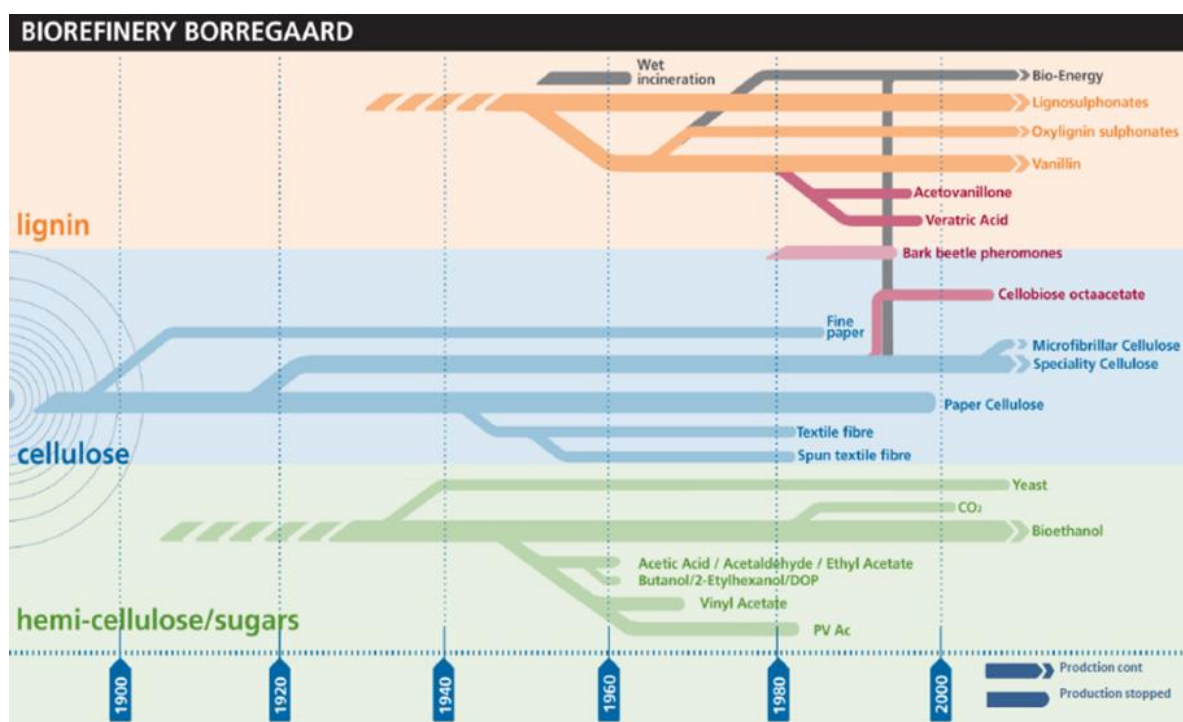


Figura 11: Portfólio de produtos da Borregaard. Fonte: Borregaard, 2016.

“Borregaard has a strategy directed towards the production of value added products from renewable raw materials and advanced bioethanol is just a complementary product in that product portfolio. Borregaard has no ambition to become a leading producer of advanced biofuels. The rationale behind this strategy is that Borregaard sees advanced biofuels just as another commodity and Borregaard has tried to uncommodify the company and to become a specialised company regarding their product portfolio.” (NORDEN, 2013)

Em seus relatórios, apesar de se considerar uma grande produtora de etanol de segunda geração, a empresa não tem ambição de se tornar uma das principais produtoras de biocombustíveis avançados, já que segue uma estratégia de “descomoditização”, buscando tornar-se especializada em relação à sua carteira de produtos, sendo o bioetanol apenas um produto complementar no portfólio de produtos (NORDEN, 2013).

Atualmente, a Borregaard possui uma biorrefinaria em Sarpsborg, na Noruega, na qual produz e comercializa, principalmente, celulose solúvel,

vanilina, produtos à base de lignina e bioetanol. Possui também seis unidades de produção fora do país, dedicadas principalmente a produção de produtos à base de lignina e uma planta de demonstração com a tecnologia BALI (Borregaard Advanced Lignin), a qual será discutida mais adiante, utilizada para fins de pesquisa, produzindo derivados de lignina e bioetanol, instalada em Sarpsborg (Figura 12). No ano de 2015, a receita operacional foi equivalente à aproximadamente US\$ 491 milhões (BORREGAARD, 2015).

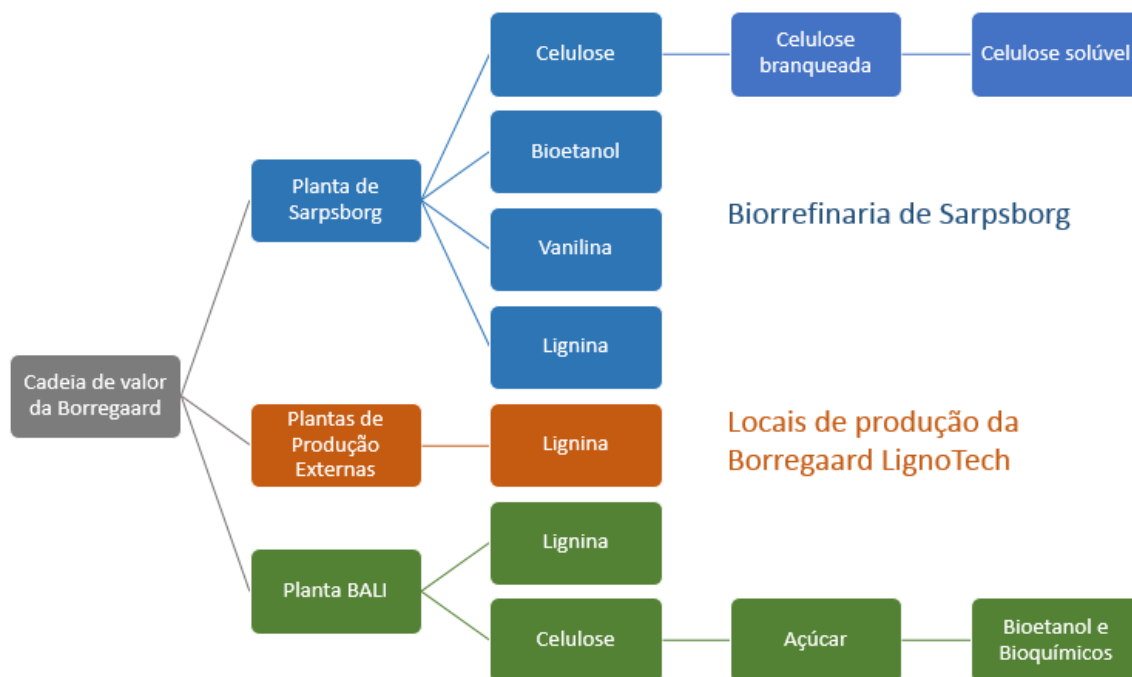


Figura 12: Cadeia de Valor da Borregaard, com o desenvolvimento da tecnologia BALI. Fonte: Adaptado de NORDEN, 2013.

Na biorrefinaria de Sarpsborg, a Borregaard utiliza matéria-prima lignocelulósica de madeira em seus processos, fornecida pela indústria florestal regional, ou seja, a Borregaard não possui áreas plantadas para consumo próprio e depende do fornecimento a partir de proprietários florestais. Aproximadamente 1 milhão de metros cúbicos sólidos de madeira por ano são adquiridos para a sua instalação em Sarpsborg. Em 2015, 85% da madeira veio de florestas da Noruega, enquanto os 15% restantes vieram de florestas suecas (BORREGAARD SUSTAINABILITY REPORT, 2015). Segundo um relatório do Instituto Nórdico de Energia, a madeira da Noruega é uma das mais caras do mundo (NORDEN, 2013).

O portfólio de produtos da Borregaard é produzido unicamente a partir de biomassa de madeira, apesar de existirem pesquisas sobre outras opções de biomassa que poderiam ser utilizadas, como bagaço de cana e palha, por exemplo. O uso dessas matérias-primas alternativas à madeira pode indicar que a Borregaard tem a intenção de variar suas opções de matéria-prima comercialmente, ou que o objetivo dessa diversificação seria o licenciamento de tecnologias (BORREGAARD, 2016).

Com três grandes áreas de negócios, a Borregaard produz e comercializa, principalmente, celulose de alta pureza e bioetanol (Specialty Cellulose), derivados de lignina (Performance Chemicals) e vanilina (Other Business) (BORREGAARD, 2016).

A seguir, os movimentos mais recentes da empresa, relativos a *biobased industry*, são explorados, assim como os produtos envolvidos, em ordem cronológica (quadro 1):

		Ano de início	Matéria-prima	Tecnologia	Produtos	Estruturação
Projeto Exilva	Celulose Microfibrilar	2005	Celulose obtida na biorrefinaria de Sarpsborg	Processo mecânico precedido ou não de pré-tratamento enzimático ou químico: tecnologia de fibrilação da Borregaard	Celulose microfibrilar com um conjunto único de características.	Planta instalada em Sarpsborg, integrada a biorrefinaria, aproveitando a corrente de celulose extraída. Tecnologia de fibrilação da própria Borregaard. Distribuição pela rede de vendas da empresa. Fase pré-comercial.
	SenseFi	2014	Celulose obtida, provavelmente, através de parcerias da LignoTech USA, como empresas produtoras de papel e celulose da região.	Processo mecânico precedido ou não de pré-tratamento enzimático ou químico: tecnologia de fibrilação da Borregaard	Fibra alimentar dietética, substituta de baixa caloria para gorduras alimentares.	Instalação construída próxima a planta LignoTech USA da Borregaard, aproveitando de utilidades e matéria-prima. Já para a produção da fibra alimentar, parceria com a Watson Foods Inc. pela aquisição da tecnologia Ultracel, e para a distribuição do produto final, parceria com a Socius Ingredients LLC.
Acordo de distribuição do bioetanol produzido na biorrefinaria de Sarpsborg		2011	Hemicelulose extraída da madeira, fornecida pelos proprietários regionais de florestas.	Processo bioquímico: processo químico de cozimento da madeira, hidrólise e fermentação.	Bioetanol.	Parceria com a Statoil Fuel & Retail para a distribuição do bioetanol misturado a gasolina (5%) na região leste da Noruega, possibilitando o uso do biocombustível para uso em veículos leves.
Planta de demonstração da tecnologia BALI		2013	Matérias-primas diversificadas, como bagaço da cana e palha de trigo.	Processo bioquímico: pré-tratamento químico com sulfito, processamento da lignina e hidrólise enzimática da celulose e hemicelulose, seguida de fermentação e processamento químico até etanol.	Derivados de lignina e bioetanol.	Construção de uma planta de demonstração da tecnologia, para fins de pesquisa e não comerciais, em Sarpsborg, próxima a biorrefinaria já existente. A matéria-prima é obtida como resíduos de produção de etanol e açúcar de outras regiões e de produtores agrícolas europeus.
LignoTech Florida, LLC		2015	Lignina residual obtida através da parceria com a Rayonier Advanced Materials.	Processo químico: tecnologia de processamento de lignina da Borregaard.	Derivados de lignina de maior valor agregado.	Joint venture entre a Borregaard (55%) e a Rayonier Advanced Materials (45%), para a construção de uma planta de processamento de lignina, adjacente à instalação de Fernandina Beach da Rayonier, aproveitando a lignina residual do processo de produção da celulose, além de serviços e utilidades. Enquanto a Borregaard entra com o financiamento, a tecnologia de processamento e a rede de vendas internacional.
Aquisição dos negócios de lignina da Flambeau Rivers Paper		2015	Lignina residual obtida através da parceria com a Flambeau Rivers Paper.	Processo químico: tecnologia de processamento de lignina da Borregaard.	Derivados de lignina de maior valor agregado.	A Borregaard vai fazer uso das instalações e da rede de negócios de lignina antes propriedade da Flambeau Rivers Paper para aumentar a oferta de lignina na região, onde a Borregaard já possui operação de produção de lignina, LignoTech USA. Além disso, a Flambeau Rivers Paper também concordou no fornecimento a longo prazo da lignina residual de seu processo de produção de celulose.
Aumento da capacidade da planta na LignoTech South Africa		2015	Lignina residual obtida através da parceria com a Sapi.	Processo químico: tecnologia de processamento de lignina da Borregaard.	Derivados de lignina de maior valor agregado.	A LignoTech South Africa é uma joint venture entre a Borregaard (50%) e a Sapi (50%) para a produção de derivados de lignina, construída próxima às instalações da Sapi. A Borregaard entrou com sua tecnologia de processamento e know-how, enquanto a Sapi fornece a lignina residual do processo de produção de celulose, além de utilidades e serviços. O produto é vendido através da rede de vendas internacional da Borregaard.

Quadro 2: Análise dos movimentos de acordo com as dimensões – Caso Borregaard.

4.1.1 Projeto Exilva

Inicialmente inserido na área de *Specialty Cellulose* da Borregaard, a designação do projeto Exilva como um novo negócio é uma prioridade estratégica da empresa. O projeto consiste em duas oportunidades de negócio distintas - Exilva celulose microfibrillar para aplicações industriais e SenseFi Sistemas de Textura Avançados para aplicações em alimentos (BORREGAARD, 2014).

O projeto Exilva celulose microfibrilar foi desenvolvido pela empresa, desde a etapa de pesquisas em planta piloto, em 2005, até a etapa de construção da planta em escala comercial. O produto final é um tipo de celulose com um conjunto único de características, incluindo alterações do comportamento reológico, estabilização, alterações de textura e retenção de água, podendo, portanto, apresentar aplicações em uma variedade de produtos, tais como adesivos, detergentes, cosméticos e compósitos (BORREGAARD, 2014; RISI PULP & PAPER, 2014).

No projeto Exilva, a empresa investiu aproximadamente US\$ 27 milhões para a construção da planta em escala comercial, em Sarpsborg, integrada à biorrefinaria já existente, e transformação do projeto em uma nova área de negócios, não havendo informações sobre financiamentos externos. A matéria-prima utilizada é a celulose extraída da madeira, através dos processos de extração realizados na biorrefinaria de Sarpsborg, e, através de processos de fibrilação desenvolvidos pela Borregaard, as fibras de celulose são convertidas em uma rede de microfibras, dando uma área superficial bastante elevada. O projeto tem previsão de início de produção para o fim de 2016 (BORREGAARD, 2014; RISI PULP & PAPER, 2014).

Outra parte do projeto Exilva, SenseFi® é um sistema de textura avançada baseada em celulose solúvel, que permitirá o desenvolvimento de produtos alimentares de alta qualidade, com nível reduzido de calorias. SenseFi® é uma fibra dietética multifuncional que atinge efeitos de estabilização, espessura e textura em aplicações em alimentos, sem sacrificar os principais atributos do produto final, tais como sabor e cor. O investimento total da Borregaard nesse

projeto foi de aproximadamente US\$ 35 milhões, e a planta já se encontra em operação desde 2014 (THE WEATHER CHANNEL, 2015).

A Borregaard adquiriu a tecnologia Ultracel da Watson Foods Inc., empresa americana, desenvolvedora de produtos de qualidade e sistemas de ingredientes para alimentos, incluindo nessa aquisição tecnologia e *know-how*, direitos de propriedade intelectual e equipamentos localizados nas instalações da empresa, em Taylorville (IL) (GLOBE NEWSWIRE, 2014).

Apesar de estarem inseridas em um mesmo projeto, a planta piloto para a produção do ingrediente alimentar a base de celulose, SenseFi®, já está em operação em local distinto da celulose microfibrilar, sendo instalada em Wisconsin, EUA, onde a Borregaard já tem negócios (LignoTech USA) (BORREGAARD, 2014). A escolha do local de instalação da planta pode ter tido a influência de três fatores: a existência de parceiros para a aquisição da tecnologia necessária nas proximidades da região, a presença de negócios já estabelecidos da empresa, facilitando o acesso a matérias-primas e utilidades, e a presença de um mercado consumidor mais forte.

Sendo os Estados Unidos um país com grandes problemas de obesidade na população (em 2015, aproximadamente 35% da população total adulta era obesa), um ingrediente alimentar, capaz de substituir a gordura dos alimentos, sem afetar o sabor e a textura, poderá ter um alto potencial de aceitação por parte dos consumidores, e, futuramente, até incentivos governamentais (FOLHA DE SÃO PAULO, 2015).

Já para garantir a distribuição do produto, a Borregaard entrou em um acordo com a empresa americana, fornecedora de ingredientes, Socius Ingredients LLC, com base em Chicago (IL), para desenvolver o mercado americano. A Socius irá utilizar seu centro técnico de desenvolvimento de aplicações para alimentos, e trabalhar com os fabricantes de alimentos para capturar as oportunidades de valor agregado apresentadas por esta nova tecnologia. Na Europa, a Borregaard vai distribuir SenseFi® em mercados selecionados através da organização de vendas existente da empresa (GLOBE NEWSWIRE, 2014).

4.1.2 Planta de Demonstração da Tecnologia BALI

A Borregaard desenvolveu uma nova tecnologia para a produção de produtos químicos verdes e açúcares baseados em biomassa de madeira e resíduos agrícolas e florestais. Em abril de 2013, foi inaugurada uma planta de demonstração da tecnologia BALI (abreviação para Lignina Avançada da Borregaard), de propriedade da Borregaard, em sua instalação em Sarpsborg (BORREGAARD, 2013).

A planta BALI é uma estratégia para a produção de lignina a partir de outros tipos de matéria-prima, e para o desenvolvimento de novos processos para a produção do bioetanol de segunda geração. O objetivo é continuar sendo grande fornecedor mundial de produtos químicos derivados de lignina, sendo o bioetanol um importante coproduto, construindo e operando plantas, na Europa ou em outros lugares do mundo, e não se tornar um fornecedor de tecnologia. A planta piloto BALI é voltada para pesquisa e não produz etanol para o mercado (NORDEN, 2013).

O uso da tecnologia BALI permite o uso de uma maior variedade de matérias-primas, como bagaço de cana e palha de trigo, por exemplo, esta última proveniente de áreas agrícolas, da Europa (NORDEN, 2013). Essa diversificação de fontes de matérias-primas, somada ao fato de que a Borregaard não aparenta ter a intenção de se tornar fornecedora/licenciadora de tecnologia, sugere que a empresa pretende evitar a dependência de uma só matéria-prima (a madeira), principalmente para a produção de lignina e derivados, já que planeja expandir sua produção pela Europa e pelo restante do mundo.

A tecnologia BALI consiste em várias etapas de processamento e deram resultados promissores nos testes em escala laboratorial. Na planta de demonstração o processo está sendo reproduzido com um aumento de escala em 1000 vezes, a fim de testar e desenvolver a tecnologia direcionando-a para a produção em larga escala (BORREGAARD, 2013).

O processo envolve a conversão das fibras de celulose da biomassa em açúcares que podem ser utilizados para a produção de bioetanol de segunda geração, enquanto que outros componentes da biomassa (lignina) tornam-se bioquímicos avançados. Estes produtos podem substituir alternativas à base de

petróleo, e a matéria-prima não pode ser utilizada na produção de alimentos, o que se caracteriza como uma vantagem significativa, já que a maior parte do bioetanol produzido na Europa (e no mundo) é proveniente de culturas utilizadas também para a alimentação (BORREGAARD, 2013).

O processo realizado na planta piloto BALI combina um pré-tratamento químico, bastante utilizado pela Borregaard, com uma hidrólise enzimática e diferentes tipos de fermentação (NORDEN, 2013). O processo consiste basicamente em quatro etapas, começando por um pré-tratamento com sulfito (com duas alternativas: cozimento modificado com sulfito ácido ou sulfito neutro) ou fracionamento, no qual a lignina torna-se solúvel em água, a celulose torna-se acessível às enzimas, a hemicelulose pode ser preservada ou hidrolisada em monossacarídeos solúveis (RØDSRUD, LERSCH e SJÖDE, 2012).

Depois desse pré-tratamento, a lignina dissolvida (potencialmente com monossacarídeos agregados) é processada para aumentar a qualidade da mesma. Posteriormente, é então convertida em químicos de alta performance, como lignosulfatos ou oxiligninas, utilizados como agentes dispersantes, ligantes, emulsificadores etc, enquanto os monossacarídeos (se existirem na mistura) são transformados em etanol ou outros produtos de interesse a partir da fermentação (RØDSRUD, LERSCH e SJÖDE, 2012).

A celulose (potencialmente agregada a hemiceluloses não hidrolisadas) sofre a hidrólise enzimática. Em seguida, a solução de açúcar é fermentada até produtos de valor agregado: fermentação convencional de hexoses (obtenção de etanol) e fermentação aeróbia ou conversão química de pentoses (obtenção de proteínas unicelulares, sendo a de etanol ainda em fase de pesquisas e testes) (RØDSRUD, LERSCH e SJÖDE, 2012).

A Borregaard possui processos de patentes para o pré-tratamento químico (patente adquirida na Europa e pendente nos EUA) e a hidrólise enzimática, além de ter aplicado para patentear aplicações para derivados de lignina (figura 13) (BORREGAARD, 2013). Este processo complexo permite a utilização de todos os componentes da biomassa, celulose, hemicelulose e lignina (NORDEN, 2013).

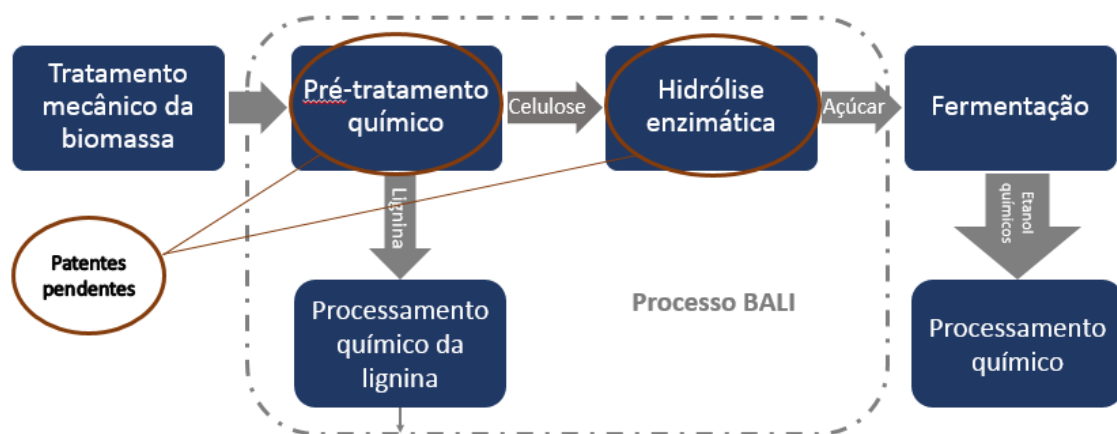


Figura 13: Etapas do processo realizado na planta piloto BALI, e os 2 pedidos de patente pendentes. Fonte: Adaptado de BORREGAARD, 2013.

Além disso, a hidrólise da celulose é realizada a custos mais baixos, já que as enzimas, que são fornecidas por grandes multinacionais, como a Novozymes¹⁴ na Dinamarca, apresentam menor consumo do que em outros processos e podem ser recirculadas. Isso se deve ao tipo de pré-tratamento, que permite a separação total entre celulose e lignina, evitando a inibição da lignina na etapa de hidrólise da celulose, e facilitando o processo (NORDEN, 2013).

A construção da planta de demonstração custou pouco menos de US\$ 17 milhões, dos quais 7 milhões foram obtidos através de investimentos da *Innovation Norway*¹⁵. O projeto de inovação BALI também recebeu US\$ 2,3 milhões em financiamento do *Research Council of Norway*¹⁶ e US\$ 4,2 milhões do *EU's Seventh Framework Programme for Research and Development*¹⁷ (BORREGAARD, 2013).

4.1.3 Acordo com a Statoil Fuel & Retail para a distribuição do bioetanol

¹⁴ Multinacional de origem dinamarquesa da área de biotecnologia com sede em Bagsvaerd, Dinamarca (NOVOZYMES, 2016).

¹⁵ Innovation Norway é o instrumento mais importante do Governo norueguês para a inovação e o desenvolvimento de empresas e indústria (VISIT NORWAY, 2016).

¹⁶ Research Council of Norway é o órgão oficial para o desenvolvimento e implementação da estratégia nacional de pesquisa (SCIENCE NORDIC, 2016).

¹⁷ EU's Seventh Framework Programme for Research and Technological Development é um programa criado pela União Europeia para apoiar e promover a pesquisa na Europa (COMISSÃO EUROPEIA, 2016).

Sobre o bioetanol produzido pela biorrefinaria de Sarpsborg, a empresa buscou parcerias para a distribuição do biocombustível, concretizando um acordo com a Statoil Fuel & Retail, grande produtora de produtos baseados em óleo e gás, e distribuidora de combustíveis da região leste da Noruega. Segundo este acordo, a Statoil iria adicionar uma porcentagem do bioetanol à gasolina (95% da gasolina e 5% de etanol), e disponibilizar a mistura combustível em seus postos de abastecimento. A Statoil tem adicionado etanol na sua gasolina desde 2010, e esse etanol era importado do Brasil e dos EUA, até fecharem o negócio com a Borregaard, no final de 2011, garantindo um fornecedor local (ETHANOL PRODUCER MAGAZINE, 2011; BIOFUELS DIGEST, 2011).

De todo o bioetanol produzido, a empresa já oferecia uma pequena parcela do volume (menos de 10% do volume de produção) a partir da sua unidade de Sarpsborg para veículos pesados na cidade de Oslo, como por exemplo, para a empresa de transportes públicos Ruter¹⁸ e a distribuidora de alimentos ASKO¹⁹, além de aplicações em outros setores como fármacos, produtos de cuidado pessoal e solventes. Posteriormente, através do acordo com a Statoil, a empresa passa a fornecer o aditivo também para uso em veículos leves (NORDEN, 2013).

No preço desse bioetanol, a empresa exige um prêmio, provavelmente devido às características do próprio produto (bioetanol de segunda geração ou avançado, ainda pouco comercializado mundialmente) e também pela redução da dependência de exportação garantida a Statoil através do acordo. Em 2012, foram utilizados 16 milhões de litros de bioetanol na Noruega, sendo que destes apenas 1 milhão era avançado (NORDEN, 2013).

4.1.4 LignoTech Florida LLC

Borregaard e Rayonier Advanced Materials (RYAM), grande fornecedor mundial de polímeros naturais a base de celulose de alta pureza para a indústria química, concluíram uma análise de mercado, técnica e de engenharia a respeito de uma nova operação de lignina em Fernandina Beach, de propriedade da RYAM, na Flórida, para atender a crescente demanda por produtos naturais à

¹⁸ Companhia de transporte público nas regiões de Oslo e Akershus (RUTER, 2016).

¹⁹ Empresa norueguesa distribuidora de alimentos (ASKO, 2016).

base de lignina. A operação será realizada pela *joint venture* formada pelas duas empresas, LignoTech Florida, de propriedade 45% da RYAM e 55% da Borregaard. A revisão final do investimento por diretores das empresas está prevista para a segunda metade de 2016, após o recebimento de autorizações finais e incentivos de entidades governamentais. Se as empresas optarem por continuar, espera-se que as operações iniciem cerca de 18 meses depois (GLOBE NEWSWIRE, 2016; BORREGAARD, 2016).

A lignina, um componente natural da madeira, é um coproduto do processo de fabricação de celulose solúvel da RYAM e é atualmente aproveitada pelo seu valor energético na instalação. Nas instalações da *joint venture*, essa lignina seria processada e convertida em produtos de maior valor agregado que forneçam alternativas à produtos químicos à base de petróleo que são utilizados a nível mundial em construções, agricultura e outras aplicações industriais, que visam principalmente os mercados norte e sul-americanos (BUSINESS WIRE, 2015).

Em uma apresentação conjunta das empresas e entidades interessadas, Anders Sjodin, representante de desenvolvimento de negócios corporativos da Borregaard abordou alguns pontos importantes para a empresa. Assistência e incentivos governamentais são fundamentais para garantir que Fernandina Beach mantenha uma vantagem sobre localidades concorrentes. Outro fator importante que irá influenciar a decisão da Borregaard é a reação da comunidade. Eles querem localizar esta operação em uma comunidade acolhedora e não deseja continuar se houver rejeição por parte da população (FERNANDINA OBSERVER, 2016).

A ideia é comercializar os produtos através da rede de vendas internacional da Borregaard, que será capaz de oferecer 30% mais em volume de lignina, em relação ao seu volume atual, através de sua plataforma global de vendas, uma vez que a instalação da Florida esteja operando a plena capacidade. A decisão final de ambas as empresas sobre a possibilidade de avançar com o projeto está prevista para meados de 2016, e prevê-se que o projeto será concluído em duas fases ao longo de 5 anos. As partes estimam um total de investimento de US\$ 110 milhões para uma capacidade de 150 mil toneladas matéria seca por ano (BIOFUELS DIGEST, 2015).

Com as instalações da nova planta adjacentes à planta de produção de celulose da RYAM, a LignoTech Florida receberá a lignina residual do processo e, além disso, compartilhará de utilidades e serviços complementares, enquanto a Borregaard agregará à *joint venture* com sua tecnologia de conversão da lignina, no financiamento do projeto e com sua rede de vendas internacional, como mostrado na figura 14.

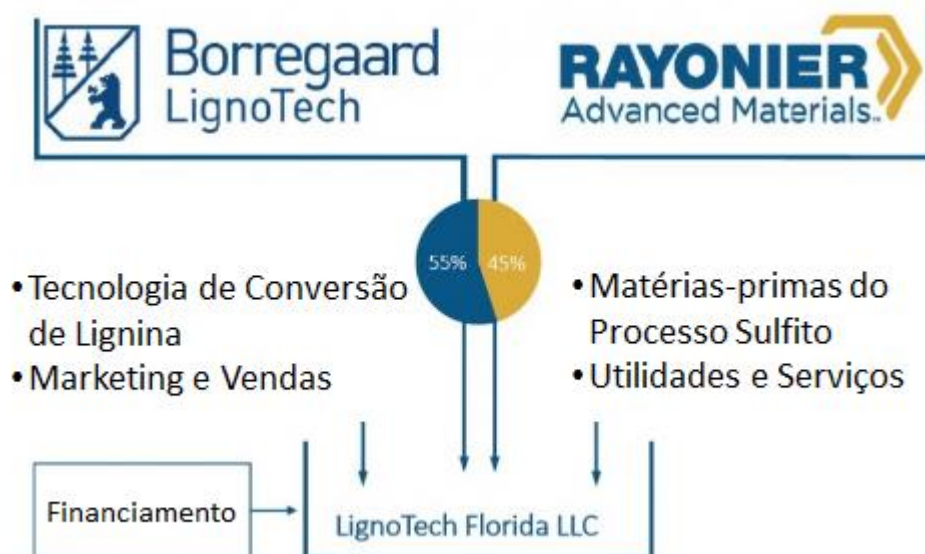


Figura 14: Joint venture entre a Borregaard e a Rayonier Advanced Materials. Fonte: Adaptado de FERNANDINA OBSERVER, 2016.

O projeto está em fase final de aprovação. A previsão sobre os custos de construção da planta de processamento da lignina é de aproximadamente US\$ 135 milhões ao longo das duas fases do projeto. A primeira fase, que terá uma capacidade de lignina de 100 mil toneladas métricas de substância seca, está orçado em US\$ 110 milhões. Estima-se um adicional de US\$ 25 milhões que serão necessários na segunda fase, na qual a capacidade total será aumentada para 150 mil toneladas de substância seca. A LignoTech Flórida tem a intenção de acessar empréstimos para financiar uma parte dos requisitos de capital (GLOBE NEWSWIRE, 2016; BORREGAARD, 2016).

4.1.5 Aquisição dos negócios de Lignina da Flambeau Rivers Paper

A Borregaard assinou um acordo com a Flambeau Rivers Paper, tradicional produtora de papel americana, para a aquisição dos negócios de lignina (instalações de processamento de lignina e rede de vendas) que a empresa possuía, em Park Falls, Wisconsin, EUA. Esse acordo inclui o fornecimento a longo prazo da lignina, proveniente do processamento de celulose para a produção de papel da Flambeau Rivers Paper (BORREGAARD, 2015).

Os negócios adquiridos foram integrados a operação já existente da Borregaard nos Estados Unidos e já faz parte da LignoTech USA (100% da subsidiária Borregaard com sede em Rothschild, Wisconsin), desde o fim de 2015. O volume de lignina anual da planta é de aproximadamente 40.000 toneladas de substância seca, aumentando a oferta de lignina da Borregaard na região (BORREGAARD, 2015).

4.1.6 Aumento da capacidade da planta na LignoTech South Africa

A Borregaard está investindo no aumento da capacidade de produção na LignoTech South Africa, *joint venture* entre a Borregaard (50%) e a empresa Sappi (50%), empresa global focada em celulose solúvel. A expansão será de 20 mil toneladas, aumentando a capacidade instalada da planta para 180 mil toneladas de lignina seca por ano. O investimento é estimado em aproximadamente US\$ 8,4 milhões, e o projeto está previsto para ser concluído em 2017 (BORREGAARD, 2015; SAPPI, 2015).

A planta na LignoTech South Africa foi criada em 1997 e sua capacidade foi expandida gradualmente ao longo do tempo. A Borregaard proporciona à *joint venture* conhecimento em comércio internacional, além de funções de tecnologia, pesquisa e desenvolvimento. A empresa Sappi fornece a lignina residual obtida a partir da sua instalação de Saiccor, como subproduto da produção de celulose. Os produtos baseados em lignina fornecidos pela LignoTech South Africa são utilizados em uma vasta gama de aplicações tais como controle de poeiras industriais, aditivos para misturas de concreto, alimentos para animais e agroquímicos (BORREGAARD, 2015; SAPPI, 2015).

4.2 UPM

Fundada em 1996, a partir da fusão entre duas empresas, a Kymmene Corp. e a Repola Ltd. e sua subsidiária a United Paper Mills Ltd., ambas produtoras tradicionais de papel e celulose, a UPM (UPM-Kymmene) apresenta a evolução de uma empresa produtora de papel, madeira e celulose, verticalmente integrada, para uma empresa com seis áreas de negócios distintas: UPM Biorefinering, UPM *Energy* (hidrelétrica, nuclear e de condensação), UPM Raflatac (materiais adesivos), UPM Paper ASIA, UPM Paper ENA, UPM Plywood (madeira compensada). Além dessas áreas de negócios principais, existe ainda o setor de outros negócios (*Other Business*), que abrange o gerenciamento de florestas, serviços de auxílio a proprietários florestais, e investimentos no desenvolvimento de novos negócios nos setores de bioquímicos e biocompósitos (UPM, 2015).

Como parte dessa transformação, a UPM transformou antigos recursos internos, como celulose e energia, em negócios orientados para o mercado, e criou novos negócios na área de biocombustíveis. Além de manter investimentos em pesquisa e desenvolvimento em seus negócios tradicionais, a UPM está desenvolvendo novos negócios de maior valor agregado baseados na sua experiência no processamento de biomassa, visando a criação de áreas de negócios sustentáveis a longo prazo. Em 2015, as vendas da UPM totalizaram EUR 10,1 bilhões. A empresa possui unidades de produção em 13 países e uma rede de vendas global, empregando aproximadamente 20 mil funcionários em todo o mundo (UPM, 2015).

De acordo com a Biofore, revista de *stakeholders* da UPM, devido à fase de desenvolvimento de novos negócios, a UPM apresenta grandes investimentos em P&D, e esses esforços resultam em muitas inovações, que nem sempre podem ser aproveitadas pela própria empresa, ou porque o retorno dessa inovação para a UPM seja baixo, ou por não se encaixar nos propósitos dos novos negócios, o que leva a empresa a buscar alternativas para comercializar essas tecnologias. Uma ação que tem sido tomada pela empresa, é licenciar ou vender a tecnologia ou a patente para parceiras que se responsabilizem pelo desenvolvimento e comercialização. Um exemplo de

tecnologia licenciada pela UPM, para a Lappeenranta University of Technology (LUT), é o Biokenno, um meio de cultivo biodegradável em placas que permite a substituição de meios de algodão (UPM BIOFORE, 2016).

Em relação às fontes de matérias-primas, a UPM é tanto uma grande proprietária de florestas, como compradora de madeira, já que a madeira produzida não é suficiente para todos os processos realizados. Em 2015, a UPM comprou 26,1 milhões de metros cúbicos de madeira originários de várias partes do mundo. A maior parte da matéria-prima é adquirida a partir de cerca de 22 mil proprietários florestais privados. Segundo a empresa, a madeira utilizada é proveniente de florestas geridas de forma sustentável e de fontes legais, e 84% de toda madeira utilizada é certificada (UPM, 2016).

Dentre os negócios da UPM já citados, os mais próximos da *biobased industry*, seriam a UPM Biorefinering, UPM Biochemicals e UPM Biocomposites. A UPM Biorefinering é responsável pela produção de celulose, vigas de madeira e biocombustíveis (diesel renovável) de forma integrada. A UPM possui três plantas produtoras de celulose na Finlândia e uma planta em operação e plantações no Uruguai. A UPM opera quatro serrarias na Finlândia. Durante o processo de produção da celulose, energia, *tall oil*²⁰ e terebintina são produzidos como subprodutos e recuperados. Os principais clientes da UPM Biorefining são de produtores de tecido e papel no setor de celulose, distribuidoras de combustíveis no setor de biocombustíveis e construção civil e carpintaria no setor de madeira (UPM, 2016).

Considerado parte dos novos investimentos da empresa, no setor UPM Biochemicals há quatro segmentos: químicos “*building blocks*”, substitutos de monômeros e químicos de base fóssil, como intermediários para bioplásticos; produtos de lignina, capazes de substituir petroquímicos na produção de resinas e agentes ligantes; biofibras, que são produtos de celulose micro e nanofibrilar, usados para modelar materiais com novas características; e produtos biomédicos. Outro novo investimento da UPM é o setor UPM Biocomposites, que

²⁰ Tall oil é uma mistura de compostos ácidos encontrados em pinheiros, como terebintina, e obtida como um subproduto da indústria de celulose e papel. É usado como resina em diversas indústrias, incluindo mineração, produção de papel, de tintas e de borracha sintética. Tall oil é o terceiro maior subproduto químico em um processo Kraft, depois de lignina e hemicelulose (RESITOL, 2016).

compreende dois produtos: UPM Profi, cujas matérias-primas principais são papel e plástico reciclado, excedentes da produção de materiais para etiquetas autoadesivas da UPM, e UPM Formi, fabricado a partir de polímeros e celulose certificada. Os produtos da UPM Biocomposites são utilizados principalmente em construções (UPM , 2015).

A seguir, os movimentos mais recentes da UPM (incluindo projetos de terceiros com participação da empresa), relativos a *biobased industry*, são explorados, assim como os produtos envolvidos, em ordem cronológica (quadro 2):

	Ano de início	Matéria-prima	Tecnologia	Produtos	Estruturação
Produção de biogasolina	2007	Madeira residual.	Processo termoquímico: gaseificação e processo <i>gas-to-liquid</i> .	Biogasolina <i>drop-in</i> .	Atuando, principalmente, no financiamento e fornecimento de matérias-primas, a UPM participou do projeto e contou com quatro parcerias: Instituto de tecnologia (GTI), empresas de tecnologia em gaseificação (Andritz Oy) e de conversão de gás de síntese em biogasolina (Haldor Topsoe) e uma empresa de energia para a supervisão dos testes em frotas de veículos. No financiamento, além da UPM, participaram a E.ON Sweden (companhia de energia sueca) e o DOE (Departamento de Energia Americano).
Diesel renovável a partir de madeira sólida	2012	Madeira residual.	Processo termoquímico: gaseificação e processo <i>gas-to-liquid</i> .	Diesel renovável (80%) e bionafta (20%).	A UPM adquiriu a tecnologia de gaseificação da Andritz Oy e aplicou para financiamento da EU, tendo sucesso na aplicação e iniciando o projeto de construção de uma biorrefinaria em Strasbourg, França. A planta seria integrada à uma instalação da UPM, permitindo troca de energia e produtos. O projeto ainda estaria sob avaliação final de investimento.
BioVerno	2012	Tall oil, subproduto da produção de celulose.	Processo termoquímico: hidrotratamento.	Diesel renovável.	Construção de uma biorrefinaria para a produção do BioVerno, com localização próxima a outras operações da UPM. Parceria com a Haldor Topsoe para licenciamento da tecnologia de hidrotratamento, com a VTT e a <i>University of Vaasapara</i> a realização de testes, e com a NEOT para garantir um contrato de venda. O projeto foi financiado pela própria UPM.
Processo Plantrose™ da Renmatix	2013	Madeira, incluindo resíduos.	Processo termoquímico: hidrólise supercrítica.	Açúcares celulósicos para posterior produção de químicos de interesse.	Parceria para a otimização do processo Plantrose da Renmatix, adequando a tecnologia à matéria-prima da UPM e à produção dos açúcares celulósicos de interesse da mesma. O processo de otimização seria realizado nas instalações da Renmatix, nos EUA, e a tecnologia seria licenciada para a UPM.
Bio-óleo/LignoCat	2009 (Bio-óleo)/ 2014 (LignoCat)	Madeira, incluindo resíduos.	Processo termoquímico: gaseificação, compressão para a forma líquida e pirólise catalítica.	Inicialmente, produção de bio-óleo/ continuação do projeto, produção de biocombustíveis.	Desenvolvimento de tecnologia de produção de bio-óleo, através de parcerias com empresas de fornecimento de tecnologia para as indústrias de papel e celulose e energia (Valmet), empresas do setor de energia (Fortum) e Institutos de pesquisa (VTT). A UPM atuou com know-how no processamento da biomassa de madeira, além do fornecimento da mesma. O processo integrado foi construído nas instalações da Fortum, na Finlândia. A continuação desse projeto, anos depois, buscou a produção de combustíveis lignocelulósicos a partir do aprimoramento daquele bio-óleo.
ValChem	2015	Madeira, incluindo resíduos.	Processo bioquímico: (biomassa - açúcar) pré-tratamento e hidrólise enzimática/(açúcar - glicóis) fermentação.	Monopropilenoglicol (MPG) e derivados de lignina.	Consórcio entre quatro parceiros, Sekab (fornecedora de biocombustíveis), METabolic Explorer (pioneira na área de bioquímica) e <i>Technische Universität Darmstadt</i> , sob a coordenação da UPM, para o desenvolvimento de um processo bioquímico integrado. A UPM participou de todas as etapas, inclusive no financiamento, com o auxílio da UE. Cada um dos outros três parceiros ficou com uma etapa específica do projeto.

Quadro 3: Análise dos movimentos de acordo com as dimensões – Caso UPM.

4.2.1 *Produção em escala piloto de biogasolina a partir de biomassa de madeira*

Em meados do ano 2007, foi realizado um projeto através de parcerias entre empresas e institutos de pesquisa, e com financiamento do governo, com a finalidade de demonstrar um método economicamente viável de produzir biogasolina *drop in* a partir de biomassa de madeira, através de conversão termoquímica, utilizando uma biorrefinaria integrada. Além da UPM, os principais parceiros no projeto foram: *Gas Technology Institute* (GTI), organização independente e sem fins lucrativos, para pesquisas, desenvolvimento e treinamentos nos Estados Unidos, Haldor Topsoe, empresa de catálise dinamarquesa, Andritz Oy, empresa finlandesa fornecedora de tecnologia de gaseificação, e Phillips 66, empresa de energia dos Estados Unidos (GTI, 2016; HALDOR TOPSOE, 2016; ANDRITZ, 2016)

Os testes foram realizados pelo GTI em uma planta de gaseificação, e a tecnologia de gaseificação foi fornecida pela empresa Andritz Oy, responsável pela transformação da biomassa em gás de síntese. A limpeza do gás de síntese foi realizada através de um processo de reforma desenvolvido em conjunto pela Andritz Oy e Haldor Topsoe. Em seguida, dióxido de carbono e gases de enxofre foram removidos no processo Morphysorb® da GTI, em uma unidade piloto de remoção de gases. Na última etapa, o processo TIGAS™ da Haldor Topsoe garantiu a conversão do gás de síntese em biogasolina. Além destes participantes, a UPM, atuou através de financiamento e fornecimento da matéria-prima (madeira residual das plantas de produção), e a Phillips 66 auxiliou na supervisão dos testes e financiamento (PULP & PAPER CANADA, 2014).

Para a realização dos testes, uma parte da biogasolina produzida foi enviada para o Instituto de Pesquisa do Sudoeste, no Texas, onde o combustível foi usado em testes de emissões em monomotores. Os resultados dos testes foram usados por Phillips 66 para o pedido de registro na EPA (Agência de Proteção Ambiental Americana). Em agosto de 2015, a EPA aprovou a aplicação, registrando assim a mistura de gasolina, que é de até 80% de biogasolina a partir de uma fonte renovável celulósica. O registro pertence à Phillips 66 (EERE, 2015).

Seguindo os primeiros testes, o restante do combustível foi misturado com gasolina convencional, etanol, e outros aditivos para fazer uma mistura combustível de “gasolina verde” para um teste de frota que foi supervisionado por Phillips 66. A mistura foi de 45% de bio-gasolina, 45 % de gasolina convencional, e 10% de etanol. Oito veículos foram utilizados, quatro usando uma mistura de “gasolina verde”, e os outros quatro usaram a gasolina convencional. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas no desempenho entre os veículos utilizados no teste de frota. Os resultados destes testes mostram que as empresas participantes desenvolveram com sucesso um processo capaz de produzir uma mistura com a biogasolina, que é compatível com os automóveis existentes (EERE, 2015).

A primeira etapa de testes (2008-2011), que compreendia o processo de conversão da biomassa em gás de síntese, foi financiada pela UPM e pela E.ON Sweden (companhia de energia sueca). Já a segunda etapa (2011-2014), que consistia na demonstração das operações da biorrefinaria integrada, foi financiada pelo DOE (Departamento de Energia Americano) (ANDRITZ, 2014).

Apesar de participar principalmente como fornecedora de matérias-primas, o projeto gerou um acordo entre a UPM e a Andritz Oy, em maio de 2007, para o desenvolvimento da tecnologia para a gaseificação de biomassa e purificação de gases sintéticos, e essa cooperação entre as empresas abrangia o fornecimento de uma unidade de gaseificação de biomassa em escala comercial para a UPM. O desenvolvimento de uma plataforma tecnológica para a produção de diesel renovável e gasolina *drop in* a partir de biomassa sólida poderia ser utilizado pela UPM dentro de sua estratégia de construção de uma biorrefinaria (ANDRITZ, 2014).

4.2.2 Construção de uma biorrefinaria em Strasbourg, França

A partir da tecnologia de gaseificação, desenvolvida anteriormente em parceria com a Andritz/Carbona, a UPM deu início ao projeto de construção de uma biorrefinaria para a produção de diesel renovável a partir de madeira sólida (resíduos e cascas), em dezembro de 2012, em Strasbourg, na França. A localização da planta, provavelmente sofreu influência de dois fatores principais,

a existência de outras operações da UPM na região, podendo integrar as plantas e reduzir custos, além da subvenção concedida pela União Europeia (programa NER300²¹), de € 170 milhões, para a instalação da planta na cidade de Strasbourg. A UPM aplicou para o recebimento da subvenção tanto na França (Strasbourg) quanto na Finlândia (Rauma), porém somente a primeira foi bem sucedida (EUROPEAN BIOFUELS, 2016).

A planta seria integrada operações locais da UPM, permitindo trocas de energia e produtos. Utilizando principalmente matéria-prima de madeira, o projeto tem como objetivo produzir e vender diesel renovável (80%) e bionafta (20%). A solução técnica proposta baseia-se nos seguintes componentes principais: manuseio de matéria-prima, gaseificação, lavagem do gás bruto, conversão do gás para líquido (*gas-to-liquid*), tratamento e armazenamento de líquido, e geração de energia (EUROPEAN BIOFUELS, 2016).

A avaliação final sobre os investimentos no projeto estava prevista para ocorrer dentro dos 12-18 meses seguintes, quando estivessem concluídos os últimos estudos sobre a disponibilidade e o fornecimento de matérias-primas à base de madeira. Não foram encontradas informações mais atuais sobre o projeto. Apesar da existência desse projeto, a maior parte dos recursos da UPM estava direcionada para a biorrefinaria de Lappeenranta, que será discutida na seção seguinte, a qual produziria também o diesel renovável a partir de madeira, porém utilizando tall oil como matéria-prima (BIOFUELSDIGEST, 2012).

4.2.3 Construção da biorrefinaria em Lappeenranta, Finlândia/ Produção do BioVerno

A UPM construiu uma biorrefinaria adjacente à sua instalação de Kaukas, em Lappeenranta, Finlândia, onde está localizado o centro de pesquisas da UPM. O objetivo principal dessa biorrefinaria é a produção de biocombustíveis a partir de madeira. É a primeira planta de produção de diesel renovável de

²¹ NER 300 é um dos maiores programas de financiamento do mundo para projetos inovadores de demonstração de energia de baixo carbono. O programa é concebido como um catalisador para a demonstração de tecnologias inovadoras de energia renovável (FER) e de captura e armazenamento de carbono seguras (CCS) e em escala comercial dentro da União Europeia (EUROPEAN COMMISSION, 2016).

segunda geração à partir de madeira em larga escala. A construção da biorrefinaria teve início em 2012, e necessitou de um investimento por parte da UPM de aproximadamente € 175 milhões. A planta está em operação comercial desde janeiro de 2015, com capacidade de produção de 120 milhões de litros, e o diesel renovável é hoje comercializado pela UPM como BioVerno. (BIOFUELS INTERNATIONAL, 2015).

O processo de produção foi desenvolvido no Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da UPM, em Lappeenranta, Finlândia (GREEN CAR CONGRESS, 2015). A matéria-prima utilizada para a produção do diesel renovável é o *tall oil* bruto, um resíduo da produção de celulose da UPM, antes queimado para a produção de energia ou vendido. O processo de produção do Bioverno é um processo termoquímico, que inicia com a purificação do *tall oil*, removendo metais e água, para entrar na etapa de hidrotratamento, na qual é inserido hidrogênio em temperatura e pressão adequadas, e a estrutura química da substância é alterada. Depois disso, gases e líquidos são separados, os gases são reciclados de volta para o processo e os líquidos são destilados para a obtenção do produto final (figura 15) (BIOMASS MAGAZINE, 2012).



Figura 15: Etapas do processo de produção do BioVerno. Fonte: Adaptado de UPM BIOFUELS, 2016.

O Banco de Investimento Nórdico (NIB) está cofinanciando o projeto com um empréstimo, de 7 anos de maturidade, de € 50 milhões. A tecnologia para refinar o *tall oil* é baseada em P&D da própria companhia, com a cooperação da empresa de catálise dinamarquesa Haldor Topsoe A/S (NORDIC INVESTMENT

BANK, 2014). Como parceira em tecnologia, a Haldor Topsoe forneceu o design do processo e a licença para o processo de hidrotratamento de combustível renovável (HydroFlex TM), projeto da unidade de regeneração de amina, todos os componentes internos do reator de hidroprocessamento e os catalisadores, bem como serviços de supervisão e treinamento (HALDOR TOPSOE, 2015).

O UPM BioVerno foi testado em motores e frotas, e todos os testes mostraram eficácia semelhante ou superior do motor, sem comprometer sua potência, quando o BioVerno foi introduzido na mistura de combustível, o que caracteriza a natureza *drop in* do produto. Para a realização dos testes, foram formadas parcerias com institutos de pesquisas, como o *VTT Technical Research Center of Finland Lt* e a *University of Vaasa in Finland*. Devido à alta qualidade do diesel renovável, não foram determinados limites técnicos de mistura. O UPM BioVerno garante uma redução considerável das emissões de gases do efeito de estufa (80%) em comparação com o diesel convencional de fonte fóssil (BIOFUELS INTERNATIONAL, 2015).

A UPM possui um contrato de venda do UPM BioVerno diesel renovável com a NEOT (Fornecedora de combustíveis, no norte europeu), especializada na venda por atacado de petróleo e biocombustíveis para postos de abastecimento. A NEOT é de propriedade conjunta das empresas St1 (uma organização varejista finlandesa) e ABC (uma rede de estações de serviços ou postos de combustíveis), e responsável pelo abastecimento de combustíveis nestas estações. O UPM BioVerno é, então, distribuído nestes postos de abastecimento finlandeses e a previsão é de que a produção anual do UPM BioVerno cubra quase um quarto da meta de 20% em energias renováveis para transportes da Finlândia para 2020, sendo a meta total para energias renováveis de 38% (UPM , 2014; EUROPEAN COMISSION, 2016).

4.2.4 Processo PlantroseTM da Renmatix

Em junho de 2013, a UPM e a Renmatix Inc. (um dos principais licenciadores de tecnologia para a conversão de biomassa em açúcares celulósicos), assinaram um acordo não-exclusivo de desenvolvimento conjunto para otimizar o processo PlantroseTM à base de água da Renmatix, para a

conversão de biomassa de madeira em açúcares celulósicos para a produção de bioquímicos (BIOMASS MAGAZINE, 2013).

Sob o acordo, uma das funções da UPM seria fornecer vários tipos de madeira de diferentes locais, e a Renmatix iria, então, otimizar seu processo Plantrose de acordo com a matéria-prima da UPM, certificando-se da produção de açúcares com as especificações corretas para a utilização final pretendida pela UPM. O acordo inclui também o licenciamento da tecnologia pela Renmatix. Ainda segundo o CEO da Renmatix, embora as empresas não tenham escolhido um produto químico alvo, os candidatos incluem o ácido succínico, ácido acrílico e outros ácidos orgânicos (ICIS NEWS, 2013).

Como um resumo do processo (figura 16), o primeiro passo é chamado “hemihidrólise” onde a água e calor são combinados com a biomassa, e a fração de hemicelulose é solubilizada e separada dos sólidos, que contém celulose e lignina. A corrente de hemicelulose solubilizada torna-se uma corrente de produto de açúcar (xilose). Os sólidos são enviados para o segundo passo chamado “hidrólise supercrítica” no qual a água atua tanto como solvente quanto como catalisador, voltando a ser a água normal quando arrefecida. Neste passo, a celulose é solubilizada e separada dos sólidos. A corrente de celulose solúvel torna-se uma segunda corrente de produto de açúcar (glicose), e os sólidos são recolhidos, incluindo a lignina, que pode ter diversos usos, como ser queimada para a geração de energia para o processo ou em aplicações de maior valor agregado, como adesivos e termoplásticos (RENMATIX, 2016).

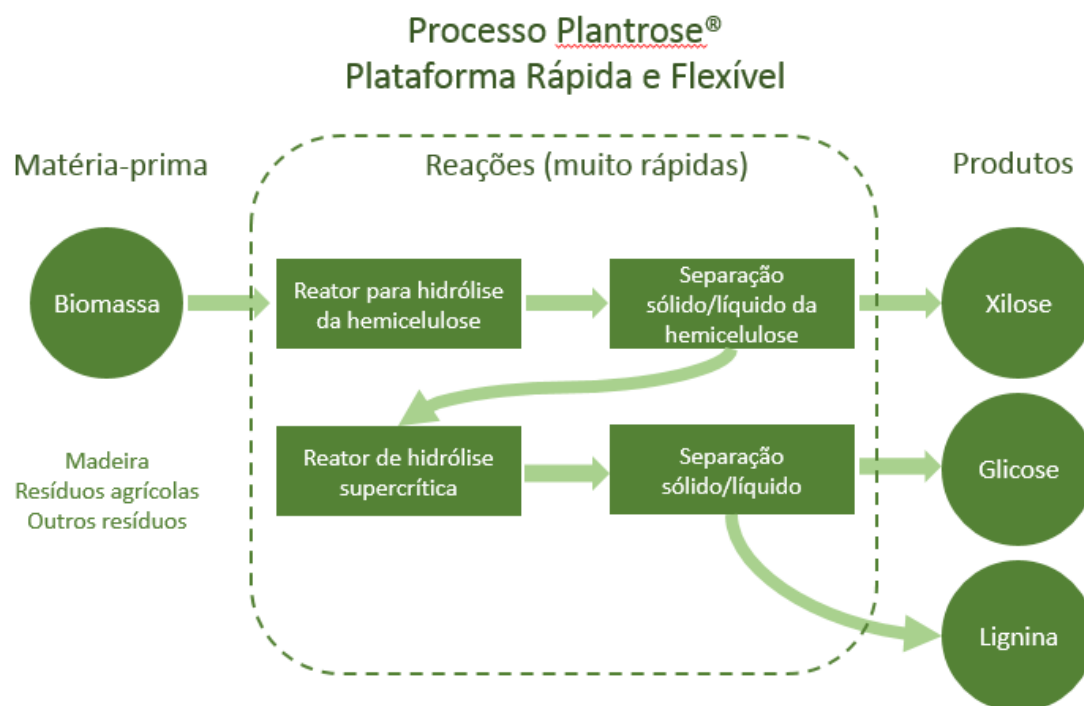


Figura 16: Plantrose® Process. Fonte: Adaptado de RENMATIX, 2016.

O trabalho de otimização da tecnologia seria realizado, em grande parte, nas instalações da Renmatix em Kennesaw, GA, EUA, capaz de converter até 3 toneladas de biomassa em açúcares lignocelulósicos por dia. A instalação foi modificada e atualizada para atender aos requisitos e matérias-primas fornecidas pela UPM. O acordo estava previsto para durar aproximadamente 18 meses, até o final de 2014, porém o objetivo é dar continuidade a essa parceria para produzir compostos bioquímicos em escala industrial (BIOMASS MAGAZINE, 2013). Informações mais atuais sobre a evolução do projeto não foram encontradas.

4.2.5 Parcerias para a produção de bio óleo (Nov, 2009) /LignoCat (2014)

Em 2009, Metso (atual Valmet), desenvolvedora e fornecedora de serviços e tecnologia para as indústrias de papel e celulose e de energia, Fortum, companhia de energia europeia, VTT Technical Research Centre of Finland, organização do norte europeu especializada em ciências aplicadas, parceira da UPM no projeto Bioverno, e a UPM, começaram um desenvolvimento conjunto

de uma tecnologia de produção de bio-óleo sustentável para uso industrial, na substituição do óleo de aquecimento (FORTUM, 2009).

A Metso já vinha produzindo bio-óleo de alta qualidade a partir de serragens e resíduos florestais. A Metso ficou a cargo do desenvolvimento tecnológico do reator de pirólise integrado na caldeira de leito fluidizado. Já a UPM acrescentou ao projeto a expertise no uso da biomassa como matéria-prima, além do fornecimento da mesma. O processo de produção de bio-óleo foi baseado em pesquisas e patentes anteriores do VTT. Sendo a última a entrar na parceria, a Fortum trouxe a visão do importante produtor de energia e usuário final do produto para o projeto de pesquisa e desenvolvimento. Na fase de produção de teste, o VTT encarregou-se das funções de controle e qualidade do bio-óleo (FORTUM, 2009). O processo integrado foi construído nas instalações da Fortum, em Joensuu, Finlândia (PANDEY *et al.*, 2015).

Inicialmente, o projeto constava de um processo de produção do bio-óleo no qual um reator, ligado a uma caldeira de leito fluidizado convencional, realizava, primeiramente a gaseificação da biomassa sólida e, em seguida a compressão para a forma líquida. O acordo das empresas para a produção de bio-óleo de teste se estenderia até 2010, e durante os meses de testes, os métodos de produção e a eficiência do processo foram melhorados (FORTUM, 2009). O bio-óleo foi produzido com sucesso em escala piloto, sendo capaz de substituir combustíveis fósseis pesados, reduzindo emissões de gases como dióxido de carbono e enxofre. Como resultado, a Fortum adquiriu a planta de produção de bio-óleo e a construção começou em 2012, com a produção iniciando no fim de 2013, e com parcerias para o fornecimento do bio-óleo com uma empresa de energia Finlandesa, Savon Voima (FORTUM, 2013).

Em uma visão futura da UPM, o bio-óleo poderia ser produzido nas instalações de energia renovável da UPM, que são equipadas com uma caldeira adequada e uma gestão funcional de matérias-primas. A matéria-prima do bio-óleo é de biomassa madeira - resíduos de colheita e serragem, que é um subproduto da indústria florestal. Combinando a produção de bio-óleo com uma planta produtora de energia à base de biomassa já existente, cria-se vantagens de eficiência e custo significativas, bem como novos negócios. Existe,

atualmente, um interesse comercial na utilização do bio-óleo para a produção de combustíveis de transporte (VALMET, 2009).

Anos depois, em março de 2014, Fortum, UPM e Valmet uniram forças para desenvolver uma tecnologia para a produção de combustíveis lignocelulósicos avançados de alto valor agregado. A ideia era desenvolver a tecnologia de pirólise catalítica para aprimorar o bio-óleo (desenvolvido na parceria anterior), aumentando sua qualidade, de forma que este seja compatível com um posterior processo de refino para a produção de combustíveis ou produtos intermediários (POWER TECHNOLOGY, 2014).

O projeto de cinco anos é chamado LignoCat (combustíveis lignocelulósicos por pirólise catalítica), e permitirá que as empresas-membro entrem em uma nova área de negócios. É uma continuação natural do antigo projeto de produção de bio-óleo em consórcio com a VTT, citado anteriormente, e está sendo subsidiado pela Tekes - Agência de Financiamento finlandesa de Tecnologia e Inovação (POWER TECHNOLOGY, 2014).

O resultado, se bem sucedido, seria um novo produto sustentável no mercado, que reduziria significativamente as emissões de CO₂ nos setores de transporte e aquecimento, e, assim, ajudar a alcançar as metas nacionais e internacionais na redução da emissão de gases de efeito estufa (FORTUM, 2014).

4.2.6 ValChem

ValChem é uma iniciativa da UPM, combinando as competências das indústrias florestal, química e de biotecnologia para demonstrar a viabilidade técnica e econômica de um processo bioquímico integrado cobrindo toda a cadeia de valor, desde as matérias-primas de madeira até a obtenção de plataformas químicas e produtos à base de lignina de alto valor agregado (SEKAB, 2015).

O projeto teve início no final de 2015, e visa criar uma nova cadeia de valor através da conversão de açúcar em monopropilenoglicol (MPG), que foi a plataforma química selecionada pelas empresas, desenvolvendo também

produtos derivados de lignina. O MPG seria um produto *drop in*, com um mercado relativamente desenvolvido, sendo utilizado em algumas resinas, tintas, solventes, bem como em compostos farmacêuticos e cosméticos (LABIOTECH, 2015). O projeto apresenta uma previsão de duração de 4 anos (2015-2019) (VALCHEM, 2015).

Esse projeto será realizado em cooperação com a Sekab, METabolic Explorer e Technische Universität Darmstadt e o orçamento total é aproximadamente € 18,5 milhões. A Sekab (grande produtora europeia de etanol) tem a principal função de fornecimento de tecnologia para a extração de açúcar e lignina da biomassa (madeira), a METabolic Explorer (pioneira na área da bioquímica) entra com seu conhecimento no processo de produção de glicóis a partir do açúcar celulósico (fermentação), enquanto a Technische Universität Darmstadt, desenvolverá aplicações de alto valor agregado para a lignina, como resinas reativas e compósitos à base de lignina (BIOFUELS DIGEST, 2015).

A UPM é a coordenadora do projeto ValChem, cujas principais competências e ativos trazidos para o projeto pela UPM são abastecimento, tratamento e condicionamento da madeira, *know-how* e instalações para o aperfeiçoamento de açúcar bruto e lignina, experiência na preparação e condução de projetos de investimento, bem como de comercialização dos produtos a clientes industriais (figura 17) (VALCHEM, 2016).

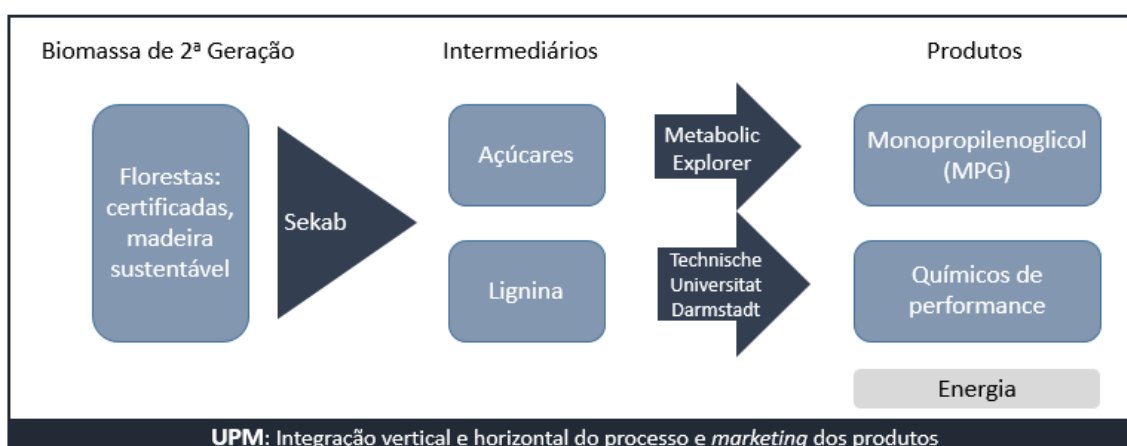


Figura 17: Processo integrado do projeto ValChem. Fonte: Adaptado de VALCHEM, 2015.

O projeto ValChem utiliza as instalações de demonstração existentes dos parceiros no projeto para a produção de químicos à base de madeira, idênticos ou similares em aplicações à produtos de base fóssil (BIOFUELSDIGEST, 2015). Além do financiamento da própria UPM, a *Bio Based Industries Joint Undertaking* (BBI-JU), novo instrumento de financiamento criado pela União Europeia para incentivar a inovação e a bioeconomia, ajudará no financiamento do projeto com € 13,1 milhões (METABOLIC EXPLORER , 2015).

4.3 Stora Enso

A Stora Enso é uma empresa sueco-finlandesa de atuação global, com plantas de celulose e papel em vários países do mundo, com sede em Helsinki, Finlândia. Foi formada em 1998 através da fusão da empresa finlandesa Enso Oyj e a empresa sueca Stora Kopparbergs Bergslags Aktiebolag (Stora), ambas do setor florestal (STORA ENSO, 2016). Tradicional produtora de papel, hoje, a empresa adota uma estratégia de inovação e desenvolvimento de novos produtos e serviços baseados em madeira e outros recursos renováveis (STORA ENSO, 2015).

Para alimentar seus processos, a principal matéria-prima utilizada é a madeira, que é obtida tanto a partir de plantações florestais da empresa, quanto comprada a partir de fornecedores locais privados. Em alguns países, como Rússia, China, Brasil e Uruguai, por exemplo, a maior parte da matéria-prima é obtida a partir de terras florestais de propriedade da empresa (ou de *joint ventures* das quais a empresa participa), todas certificadas. Na Finlândia e na Suécia, o fornecimento de madeira é feito através de um “cluster florestal regional” do qual a empresa participa, que inclui proprietários florestais, fornecedores de madeira intermediários e empresários locais. Na região central da Europa, o papel para reciclagem é uma matéria-prima importante para a produção de papel, que trabalha em parceria com fornecedores de papéis para reciclagem, o setor público, e organizações não governamentais que promovam a reciclagem (STORA ENSO, 2015).

Na figura 18, é possível verificar as regiões nas quais a empresa depende mais da compra de madeira, a partir de proprietários florestais, como comentado anteriormente.

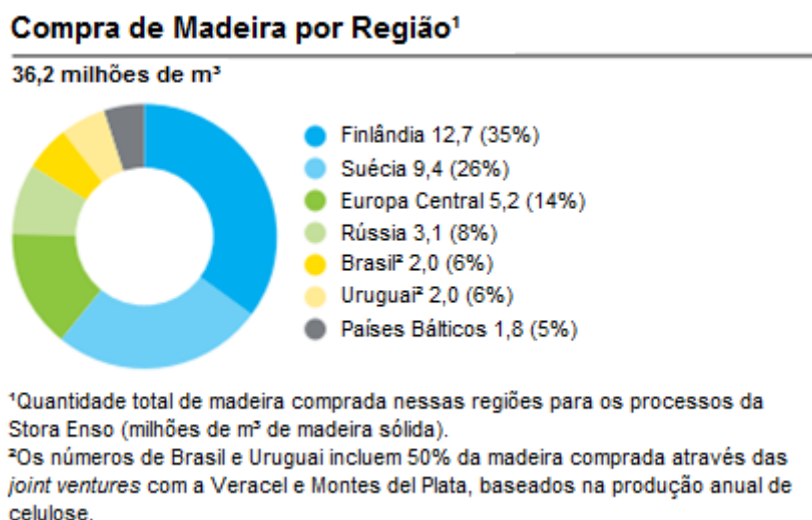


Figura 18: Compra de madeira por região. Fonte: Adaptado de STORA ENSO, 2015.

A maior parte da polpa utilizada nas plantas da Stora Enso é produzida dentro da empresa, a partir da madeira produzida ou comprada por esta, mas por razões de qualidade e de logística, a celulose também é comprada a partir de fornecedores externos para a produção de papel e cartão. Em 2015, 2% da celulose foi adquirida externamente. Tal como acontece com as compras de madeira, a empresa garante que toda a celulose comprada vem de fontes sustentáveis (STORA ENSO, 2015).

Apesar da larga utilização da madeira em seus processos, nos últimos relatórios da empresa, percebe-se o interesse na diversificação das matérias-primas, reduzindo a dependência de madeira, e, à longo prazo, adaptando seus processos ao uso de outras biomassas, como resíduos agrícolas (STORA ENSO, 2016).

O portfólio de produtos da empresa pode ser dividido em papel, embalagens, madeira para construção e biomateriais. De interesse para a *biobased industry*, o setor de biomateriais é responsável pela produção de

celulose solúvel (de vários tipos e graus de pureza), lignina, *tall oil* e terebintina (resíduos da produção de celulose), sendo os dois últimos extraídos e comercializados para produtores de químicos e combustíveis. A Stora Enso anunciou alguns projetos em desenvolvimento para a otimização dos processos e obtenção de produtos de alto valor agregado, e substitutos de produtos de origem fóssil, a partir da extração destes componentes da madeira, e de outros tipos de biomassa não utilizadas para alimentos.

A estratégia de diversificação do portfólio de produtos pode ser observada na figura 19, onde se verifica um aumento considerável na participação dos biomateriais entre o ano de 2006 e o ano de 2015, que no caso das vendas da empresa, passou de 0% para 15%, e nos lucros saiu de 0% para 34%. Isso também mostra uma redução da dependência da empresa em relação a comercialização de papel, que caiu de 70% em 2006 para 36% em 2015 em vendas (STORA ENSO, 2015).

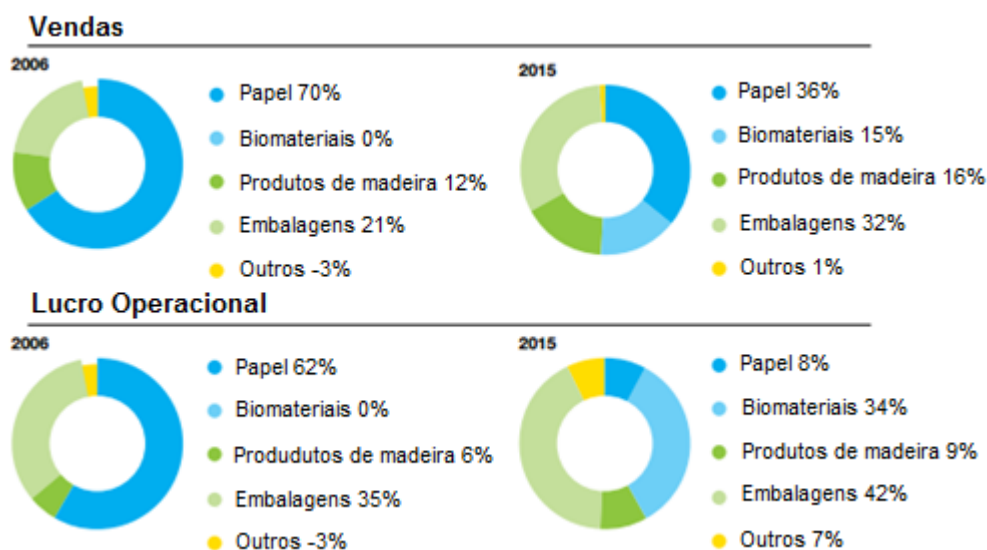


Figura 19: Comparação do volume de vendas e do lucro obtido pelos setores nos anos 2006 e 2015. Fonte: Adaptado de STORA ENSO, 2015.

A Stora Enso possui unidades em operação no Brasil, uma joint venture com a empresa Fibria, no estado da Bahia, com o nome de Veracel. A Veracel é responsável pela produção de celulose branqueada, contando, também, com

91.429 hectares de plantios de eucalipto e 114.625 hectares de área protegida ambientalmente (VERACEL, 2016).

A seguir, os movimentos mais recentes da empresa, relativos a *biobased industry*, são explorados, assim como os produtos envolvidos, em ordem cronológica (quadro 3):

	Ano de início	Matéria-prima	Tecnologia	Produtos	Estruturação
Planta de Demonstração de Gaseificação de Biomassa na Finlândia	2007	Resíduos florestais (tocos e troncos que não podem ser usados na produção de celulose).	Processo termoquímico: gaseificação e síntese de Fischer-Tropsch.	Diesel Renovável.	A Stora Enso e a Neste se uniram em uma <i>joint venture</i> 50/50, para a desenvolver uma tecnologia para a produção de biocombustíveis a partir de resíduos da indústria florestal. Com essa parceria, a Stora Enso teria acesso à tecnologia, <i>know-how</i> do mercado de combustíveis, além da rede de vendas. Já a Neste se beneficiaria da oferta de matéria-prima, da expertise no processamento de resíduos florestais e na logística. Como parceira em pesquisas e testes, atuou a VTT, e no fornecimento de tecnologia, a Amec Foster Wheeler. O projeto não obteve financiamento pelo programa NER300, e não teve continuidade para escala comercial.
Investimento na instalação de Sunila, Finlândia	2013	Licor negro, subproduto da produção de celulose.	Processo químico: extração de lignina do licor negro, resíduo do processo de produção de celulose.	Lignina que é consumida internamente, pelo valor energético/ a longo-prazo, desenvolvimento de aplicações de maior valor agregado.	A planta Lignoboost, adquirida em parceria com a Valmet (desenvolvedora e fornecedora de serviços e tecnologia para as indústrias de papel e celulose e de energia), foi instalada adjacente à uma planta de produção de celulose, da qual o licor negro, subproduto do processo, é extraído e a lignina é separada. De início para uso interno, gerando energia no processo de produção da celulose, porém com intenção futura de desenvolvimento de aplicações de maior valor agregado.
Aquisição da empresa Virdia	2014	Hemicelulose, extraída da biomassa lignocelulósica.	Processo químico: hidrólise ácida.	Açúcares de cinco carbonos de alta pureza, principalmente a xilose.	Aquisição de 100% da empresa Virdia, líder no desenvolvimento de tecnologias de extração e separação para a conversão de biomassa celulósica em açúcares de alta pureza, como uma estratégia de diversificação de seu portfólio de produtos, acessando o mercado de produtos renováveis.
Construção da planta de demonstração em Raceland, Estados Unidos	2014	Hemicelulose, que na etapa de demonstração da tecnologia, será extraída do bagaço de cana. Em etapas futuras, uso também de biomassa de madeira e resíduos.	Processo químico: hidrólise ácida.	Açúcares de cinco carbonos de alta pureza, principalmente a xilose.	Construção de uma planta de demonstração da tecnologia recém adquirida da Virdia, para a validação da tecnologia de conversão de biomassa celulósica e em açúcares de alta pureza. Parceira com a <i>Raceland Raw Sugar Corporation</i> , produtora de açúcares e derivados a partir de cana-de-açúcar, para o fornecimento da matéria-prima.
Parceria com a empresa Rennovia	2016	Açúcar de origem lignocelulósica (provavelmente).	Processo químico: catálise.	Produtos bioquímicos.	Ainda em fase de negociação e, por isso, com poucas informações disponíveis, essa parceria sugere uma continuação da mesma estratégia de diversificação adotada na aquisição da Virdia. Há indícios de que existe uma estratégia de integração para a frente, aproveitando do açúcar que será produzido pela tecnologia da Virdia como matéria-prima para a produção dos químicos.

Quadro 4: Análise dos movimentos de acordo com as dimensões – Caso Stora Enso.

4.3.1 *Planta de Demonstração de Gaseificação de Biomassa na Finlândia.*

Em 2007, Stora Enso e Neste (atual Neste), empresa finlandesa especializada em combustíveis fósseis de qualidade e baixa emissão e combustíveis renováveis, uniram forças para desenvolver uma tecnologia para a produção de biocombustíveis a partir de resíduos da indústria florestal, criando uma *joint venture* 50/50, com o nome de NSE Biofuels Oy. Através da parceria, uma planta de demonstração para ensaios de gaseificação e limpeza dos gases foi construída na instalação de Varkaus, da Stora Enso, no centro da Finlândia, inaugurada no primeiro semestre de 2009 (HIGHTECH FINLAND, 2009).

Historicamente, grande produtora de combustíveis fósseis, a Neste tem se inserido na *biobased industry*, através da produção de combustíveis renováveis, sendo grande produtora mundial de diesel renovável (NEXBTL). Essa parceria seria interessante para a Stora Enso pelo conhecimento de mercado em combustíveis, dos processos e rede de distribuição da Neste, enquanto esta teria acesso às matérias-primas e tecnologias, e *know-how* na logística e no processamento de resíduos florestais, uma estratégia a longo-prazo da empresa, que investe na diversificação de matérias-primas e almeja o uso cada vez maior de resíduos em seus processos (NESTE, 2015).

Na planta de demonstração, a tecnologia de gaseificação da biomassa foi conduzida pelo *VTT Technical Research Centre of Finland*, que atuou como principal parceria em pesquisa e testes dos processos para a *joint venture*. Os equipamentos de gaseificação foram fornecidos pela Amec Foster Wheeler, empresa de consultoria, engenharia, gerenciamento de projetos e fornecimento de equipamentos na área de energia. O processo baseou-se na rota de síntese de Fischer-Tropsch (FT) e cobre toda a cadeia desde a secagem da biomassa de madeira até os testes com os catalisadores necessários para produzir a cera bruta, que seria então refinada em diesel renovável e comercializada pela Neste (HIGHTECH FINLAND, 2009).

A eficiência energética, a capacidade de lidar com diferentes tipos de matéria-prima, e o potencial de integração com fábricas de celulose e papel existentes foram priorizados no projeto. A planta de demonstração utilizou,

inicialmente, coprodutos como serragem e aparas antes de testar a principal matéria-prima destinada à planta em escala comercial: resíduos florestais, tais como resíduos de exploração madeireira, tocos e troncos de pequena dimensão que não podem ser usados como madeira para a produção de celulose (HIGHTECH FINLAND, 2009).

Para a construção da planta de demonstração e otimização do processo, a *joint venture* recebeu financiamento da agência Tekes (Agência de Financiamento finlandesa de Tecnologia e Inovação), através de seu programa *BioRefine – New Biomass Products*, e do Ministério do Trabalho e Economia da Finlândia (NESTE OIL, 2009). A ideia era acumular experiência para construir uma planta em escala comercial em uma das instalações da Stora Enso, produzindo uma cera que posteriormente seria refinada à diesel pela Neste. A NSE Biofuels Oy, em parceria com a Amec Foster Wheeler e VTT, planejava desenvolver uma planta de produção comercial com uma capacidade de produção projetada de 100 mil t/ano e uma data de lançamento potencial de 2016 (NESTE OIL, 2012).

Apesar do sucesso com a planta de demonstração, em agosto de 2012, Neste e Stora Enso anunciaram a decisão de não avançar com os planos de construção da planta de diesel renovável, para a qual as duas empresas tinham aplicado para financiamento ao programa NER300 da Comissão Europeia (já abordado anteriormente). Embora a tecnologia tenha obtido sucesso na planta de demonstração, o projeto não estava entre os listados para receber financiamento. No entanto, essa não foi a única razão da não continuidade do projeto. Ao calcularem os custos totais da construção da biorrefinaria em escala comercial, as empresas perceberam que seria um investimento muito grande, e que ambas não estariam dispostas a ir adiante (BIOMASS MAGAZINE, 2012).

4.3.2 Investimento na instalação de Sunila, Finlândia.

A Stora Enso investiu € 32 milhões para construir uma biorrefinaria, na instalação de Sunila, na Finlândia, capaz de reduzir as emissões de CO₂ da planta de celulose através da substituição de até 90% de gás natural por lignina, extraída a partir do licor negro. O consumo interno, aproveitando inicialmente o

valor energético da lignina, seria o primeiro passo rumo a um novo negócio, através da venda de lignina à clientes externos. O investimento deverá gerar vendas anuais de € 80 milhões em 2017. A tecnologia também tem o potencial para futura utilização em outras fábricas de celulose da empresa (BIOBASED INDUSTRIES CONSORTIUM, 2013).

A empresa está desenvolvendo novas aplicações em que a lignina apresente valor agregado como um polímero natural. A lignina pode ser utilizada, por exemplo, em setores de construção e automotivos, onde pode substituir fenóis em colas para madeira compensada, e polióis utilizados em espumas (BIOBASED INDUSTRIES CONSORTIUM, 2013). Outras aplicações estão também em desenvolvimento, criando, assim, uma plataforma para o crescimento de alternativas renováveis para produtos de base fóssil (GLOBE NEWSWIRE, 2013).

Como parte deste projeto, a empresa adquiriu a planta LignoBoost de separação de lignina, desenvolvida pela Metso, atual Valmet. A planta LignoBoost foi instalada de forma integrada a planta de produção de celulose (na instalação de Sunila) para separar e recolher lignina do licor negro, cujos planos são produzir 50.000 toneladas de lignina seca por ano (figura 20). Esta seria a segunda planta LignoBoost comercial no mundo. A primeira planta teve início de produção no ano de 2013, nas instalações da Domtar Plymouth, na Carolina do Norte, EUA (RISI PULP & PAPER, 2013).



Figura 20: Esquematização da tecnologia LignBoost, em uma das primeiras plantas elaboradas. Fonte: Adaptado de VALMET, 2016.

A planta LignoBoost já está em funcionamento desde janeiro de 2015, tendo sua produção otimizada no decorrer do ano. Incluso no acordo com a Valmet, e como última parte do processo de transferência, o secador de lignina foi adquirido pela Stora Enso, em 15 de setembro de 2015 (RISI PULP & PAPER, 2015). Segundo Sakari Eloranta, vice-presidente sênior do setor de operações e investimentos de projetos, da Stora Enso Biomaterials, através do processo de extração de lignina foi possível substituir uma grande quantidade de gás natural pela lignina produzida na planta LignoBoost, e fazendo isso, foram reduzidas as emissões de dióxido de carbono. Ainda segundo ele, a empresa está desenvolvendo novos produtos e trabalhando em conjunto com potenciais clientes para iniciar vendas externas (RISI PULP & PAPER, 2015).

4.3.3 Aquisição da empresa Virdia.

A Stora Enso avançou na estratégia de diversificação dos seus negócios com a compra da Virdia (reconhecida pelo desenvolvimento de tecnologias de extração e separação para a conversão de biomassa celulósica em açúcares de alta pureza), com sede nos Estados Unidos, no ano de 2014. Em uma operação

que pode alcançar um investimento de US\$ 62 milhões, a companhia sueco-finlandesa comprou 100% das ações da companhia americana e pode ter encurtado o caminho de acesso a novos mercados (VALOR ECONÔMICO, 2014).

A Viridia foi a desenvolvedora do processo CASE™ (*Cold Acid Solvent Extraction*) que converte biomassa lignocelulósica em açúcares fermentáveis e lignina, usando madeira e outras biomassas celulósicas para produzir carboidratos não-alimentares, destinados ao setores de bioquímicos e biocombustíveis avançados, através de um processo de hidrólise ácida (figura 21). Em abril de 2012, a Viridia iniciou a operação em escala piloto de seu processo, em Danville, VA, EUA, utilizando madeiras *softwood* e *hardwood* (BIOFUELS DIGEST, 2012).

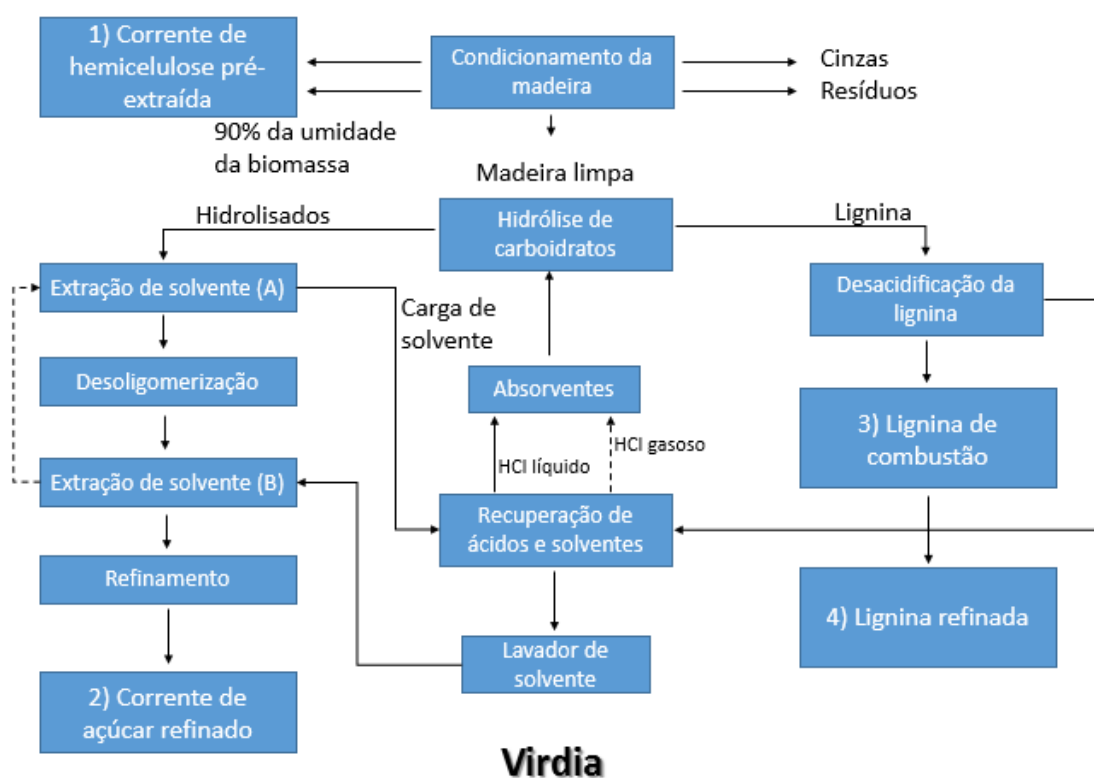


Figura 21: Processo CASE™ da Viridia. Fonte: Adaptado de VIRIDIA, 2012.

Segundo a Stora Enso, a aquisição da Viridia é compatível com a visão da divisão de biomateriais, de se tornar um importante *player* em bioquímicos. Este

é um novo passo na implementação da estratégia da divisão, seguindo o recente investimento em extração de lignina na planta de Sunila, na Finlândia (BIOFUELS DIGEST, 2014).

4.3.4 Construção da planta de demonstração em Raceland, Estados Unidos.

Em sequência da recente aquisição da empresa Virdia, com sede nos EUA, a Stora Enso está investindo € 32 milhões (US\$ 43 milhões) em uma planta de demonstração a ser construída em Raceland, Louisiana, com nome de B2X. A planta será utilizada para a validação industrial da tecnologia de extração e separação recém-adquirida desenvolvida pela Virdia que permite a conversão da biomassa celulósica, tal como a madeira ou resíduos agrícolas, em açúcares refinados (BIOMASS MAGAZINE, 2014; VALOR ECONÔMICO, 2014).

Diferentemente dos outros processos realizados pela empresa, a planta B2X de demonstração utilizará o bagaço da cana-de-açúcar como matéria-prima, e estará localizada nas proximidades das plantações de cana de açúcar existentes na região, aproveitando o bagaço fornecido pela *Raceland Raw Sugar Corporation* (VALOR ECONÔMICO, 2014). Serão produzidos açúcares de cinco carbonos de alta pureza, preferencialmente a xilose, a partir da hemicelulose extraída da biomassa (BIOMASS MAGAZINE, 2014; VALOR ECONÔMICO, 2014).

A planta de demonstração americana servirá, num primeiro momento, para a validação da tecnologia desenvolvida pela Virdia, e a previsão de começo de operação é para o início de 2017, e a partir de então, a empresa poderá construir uma outra unidade, com escala industrial, uma vez que sua viabilidade seja comprovada. Ainda segundo a empresa, quando as operações começarem, será decidido se o produto comercializado será a própria xilose, ou derivados (como o xilitol, por exemplo). A Stora Enso está pesquisando empresas que tenham desenvolvido tecnologias que complementem o processo produtivo, o que pode levar a uma parceria ou nova aquisição (VALOR ECONÔMICO, 2014).

4.3.5 *Parceria com a empresa Rennovia.*

A Stora Enso anunciou um acordo de desenvolvimento conjunto e licença para cooperar com o desenvolvimento de bioquímicos com a empresa Rennovia, com sede na Califórnia, EUA. A Rennovia é uma empresa produtora de especialidades químicas, a partir de matérias-primas renováveis, com expertise em desenvolvimento de catalisadores. Sob o acordo, as empresas irão desenvolver conjuntamente processos para a produção de bioquímicos que sejam de interesse para os objetivos da Stora Enso, empregando uma infraestrutura de catálise de alto rendimento e expertise no processo, ambos propriedades da Rennovia (PULP AND PAPER CANADA, 2016; RENNOVIA, 2016).

Dentre os últimos projetos da Rennovia, está o desenvolvimento de processos de produção de ácido adípico, hexametilenodiamina (HMD), ácido glucárico e 1,6 hexanodiol (HDO), além de outros “*building blocks*” para uma gama de produtos finais, utilizando açúcar como matéria-prima, através de processo químico catalítico (sem fermentação envolvida) em parceria com a Johnson Matthey, que é uma empresa britânica de engenharia e tecnologia de processos (GREEN CHEMICALS , 2016).

Essa parceria pode ser um indício de integração para frente da Stora Enso, já que a mesma investiu, anteriormente, na aquisição da Virdia, obtendo acesso à tecnologia de produção de açúcares, e, agora, está entrando em uma parceria com uma empresa com expertise em produção de bioquímicos a partir de açúcar. Esse acordo de desenvolvimento conjunto pode acelerar os projetos da Stora Enso, com uma plataforma mais sólida para avançar em seu portfólio de produtos de base biológica e sustentáveis. Esse projeto se encontra em fase de negociação, já que o acordo foi anunciado em maio de 2016, não havendo mais informações sobre o andamento do projeto (BIOFUELS DIGEST, 2016).

5 Análise e Discussão

O presente capítulo buscou analisar as os movimentos das empresas estudadas em relação às quatro dimensões abordadas no terceiro capítulo: Matérias-primas, tecnologia, produtos e estruturação.

5.1 Matéria-prima

5.1.1 *Borregaard*

A Borregaard possui tecnologia de conversão da biomassa que permite a extração e obtenção de valor agregado a partir dos três componentes principais da madeira, a celulose (utilizada para o projeto EXILVA), a hemicelulose (produção de bioetanol) e a lignina (projetos da LignoTech). A empresa tem aplicações comerciais e em desenvolvimento para derivados de cada componente citado dentro da *biobased industry*, para consumidores de diferentes setores industriais.

Diferentemente de outras empresas oriundas do setor de papel e celulose, a Borregaard é totalmente dependente do fornecimento das matérias-primas necessárias em seus processos. Para a biorrefinaria de Sarpsborg, a Borregaard utiliza madeira fornecida pela indústria florestal regional, sendo a maior parte proveniente de florestas da Noruega, importando uma pequena parcela a partir de florestas suecas. Já em seus negócios de lignina (LignoTech), localizados fora da Noruega, a empresa busca aquisições e *joint ventures* para comprar lignina residual, originada em processos de produção de celulose de outras empresas do setor.

Tanto no caso da madeira utilizada na biorrefinaria de Sarpsborg quanto nos casos das operações de lignina fora da Noruega, a disponibilidade da matéria-prima se apresenta como um desafio para a empresa, que fica restrita às condições de preço e produtividade das plantações e operações, respectivamente, dos fornecedores locais. Já em relação aos custos, diferentemente do caso da oferta de madeira na Noruega, cujos preços estão entre os mais altos do mundo, as operações de lignina utilizam resíduos, muitas

vezes queimados pelas empresas parceiras para a produção de energia, o que, provavelmente, reduz o valor exigido.

Na planta de demonstração da tecnologia BALI, a Borregaard faz uso de matérias-primas alternativas, como bagaço de cana e palha de milho, a última proveniente de áreas agrícolas da Europa. O uso de matérias-primas externas à indústria de papel e celulose é um indicativo da intenção de diversificação e maior penetração na *biobased industry*. Essa estratégia da empresa tem relação com o objetivo de manter a liderança no fornecimento de derivados de lignina, podendo utilizar a tecnologia desenvolvida em diversas regiões do mundo, em potenciais expansões de própria empresa. Novamente, os custos de aquisição de resíduos podem ser um fator facilitador, além de ambientalmente favoráveis em relação à queima, para a produção de energia.

Uma questão muito importante a ser analisada dentro da dimensão de matérias-primas é a viabilidade do uso da biomassa florestal para os novos processos, ou seja, necessidade de pré-tratamento. No caso da madeira utilizada pela Borregaard, o pré-tratamento utilizado para a extração dos componentes são rotas químicas (sulfito ácido, na maioria dos processos) semelhantes às utilizadas em processos de produção de papel e celulose, tornando menos complexa a adaptação às novas tecnologias.

5.1.2 UPM

A madeira é a única matéria-prima utilizada pela UPM em seus processos. A empresa é tanto uma grande proprietária de florestas, quanto compradora de madeira, já que a quantidade produzida não é suficiente para todos os processos realizados, sendo a maior parte da matéria-prima adquirida de proprietários florestais privados.

Diferentemente do caso da Borregaard, os movimentos mais recentes da UPM em torno da *biobased industry* revelam a utilização da madeira em sua forma integral como matéria-prima, incluindo resíduos, em parte significativa dos projetos. Ou seja, em muitos casos, não é realizada a separação dos componentes para extrair o maior valor possível de cada um, a exemplo do que

aconteceu nos projetos para a produção de combustíveis de base renovável, exceto o BioVerno. Existe uma menor preocupação com o aproveitamento de todos os componentes da biomassa, separadamente, até o momento.

A baixa diversificação do tipo de matéria-prima utilizada nos processos, reduz a necessidade de investimento em pré-tratamentos específicos. Apesar de fornecer a matéria-prima e auxiliar na elaboração e otimização das tecnologias para que se adequem aos objetivos dos projetos, os processos e tecnologias de conversão da biomassa são, geralmente, adquiridos de parceiros. Percebe-se que, como um importante *player* da indústria florestal, o *know-how* da UPM no processamento da madeira parece ser fundamental para o sucesso dos seus projetos.

Um ponto importante a ser observado é que todos os projetos da UPM analisados podem ser executados pela empresa sem que haja a necessidade de deslocar a matéria-prima da sua produção de papel e celulose, já que em todos os casos podem ser/são utilizados resíduos da produção, o que motiva a empresa a investir nos novos negócios, com um menor risco de mudança.

5.1.3 Stora Enso

A principal matéria-prima da Stora Enso é a madeira, obtida tanto a partir de plantações da empresa, quanto comprada a partir de fornecedores locais privados. Existem ainda operações de reciclagem de papel para a produção de jornais e revistas, por exemplo, mas que não são do interesse da *biobased industry*. Neste sentido, assemelha-se bastante ao perfil da UPM.

No caso da planta de demonstração em Raceland, EUA, a empresa investiu em uma localização próxima às plantações de cana-de-açúcar, aproveitando o bagaço para a validação da tecnologia adquirida através da empresa Virdia. É um possível movimento da empresa em direção a diversificação de matérias-primas, já que, nos relatórios dos últimos anos, a Stora Enso demonstra interesse na busca por matérias-primas alternativas à madeira. Porém, também pode ser um primeiro passo para o licenciamento da tecnologia, após esta ser validada.

Dentre os componentes da madeira, os projetos analisados fazem uso da hemicelulose, extraída a princípio de bagaço de cana fornecido por parceiros locais, resíduos florestais, que não podem ser utilizados para a extração da celulose, vindos de fornecedores europeus, e o licor negro, resíduo da produção de celulose da própria empresa, nas instalações de Sunilla, na Finlândia.

O desenvolvimento de pré-tratamentos adequados é um processo desafiador, já que existe uma diversificação dos tipos de matérias-primas envolvidas. Porém a tecnologia é, geralmente, adquirida a partir de terceiros, como a compra da empresa Virdia, permitindo o acesso à tecnologia para processar bagaço de cana, e a parceria com a Valmet, com a aquisição da planta Lignoboost, que viabiliza a extração da lignina do licor negro.

5.2 Tecnologia

5.2.1 *Borregaard*

Existe uma diversificação de rotas tecnológicas nos projetos analisados. A Borregaard utiliza rotas mecânicas (projeto Exilva), químicas (produção de lignina e derivados) e bioquímicas (produção de biocombustíveis) para conversão da biomassa em produtos de maior valor agregado. Como tradicional produtora de papel e celulose, espera-se que as rotas de processos químicos sejam mais conhecidas pela empresa, porém a mesma tem investimentos em P&D há décadas para o desenvolvimento de novas rotas e novos produtos, o que não ocorre com as demais.

A Borregaard desenvolve seus próprios processos, e por isso apresenta pedidos de patente em andamento. O projeto EXILVA utiliza tecnologia própria para o processo de fibrilação da celulose. A tecnologia BALI faz uso de uma sequência de tratamentos químicos e bioquímicos para a conversão da biomassa celulósica desenvolvida pela empresa. O mesmo ocorre com as operações da LignoTech, que utilizam processos químicos de tratamento da lignina residual conduzidos pela Borregaard.

É possível perceber que a Borregaard realiza um esforço no desenvolvimento de alternativas à matéria-prima de madeira, e do *know-how* em diferentes rotas tecnológicas de produção. Nos últimos relatórios da empresa, o interesse na diversificação das rotas tecnológicas e tipos de matérias-primas é explicado pela intenção de crescimento e expansão internacional, e não para se tornar uma empresa fornecedora de tecnologia.

5.2.2 UPM

Diferentemente do caso anterior, as rotas tecnológicas utilizadas pela UPM apresentam um padrão, com pouca diversificação. Dos movimentos analisados, em cinco deles observa-se a utilização de rotas termoquímicas, só havendo um caso de uso de rota bioquímica. Novamente, para uma empresa do setor de papel e celulose, em que rotas químicas são mais habituais, a empresa inovou, adquirindo conhecimento e expertise em novas direções. Isso indica um estágio inicial de desenvolvimento dessas tecnologias, distintas das rotas tradicionais, e a necessidade de maior ruptura com as rotas inicialmente desenvolvidas para a produção de papel e celulose.

Para garantir a realização dos processos, foram necessárias parcerias em tecnologia, estratégia adotada inicialmente pela empresa. Para processos de gaseificação, a empresa fez parcerias com fornecedoras de tecnologia com expertise em gaseificação, Andritz Oy e Valmet. Outra importante parceria em tecnologia foi com a Haldor Topsoe, desenvolvedora de tecnologias para as indústrias química, petroquímica e de energia, que participou de dois projetos da UPM, ambos para a produção de biocombustíveis.

Existe, então, um movimento da empresa para acessar novos mercados através de novas rotas tecnológicas e novos produtos. Nos projetos que objetivam a produção de bioquímicos (açúcares intermediários e derivados de lignina), a UPM busca parcerias e atua no desenvolvimento e na otimização das tecnologias, para, posteriormente, desenvolver os produtos finais possíveis, como nos casos com Renmatix, Sekab e Metabolic Explorer.

Já nos projetos focados na produção de biocombustíveis lignocelulósicos (BioVerno, LignoCat etc.), a UPM tem uma participação mais tímida, basicamente, adquirindo as tecnologias necessárias para a produção dos produtos alvo, a partir de seus parceiros, como Andritz Oy e Haldor Topsoe.

Percebe-se que, na pesquisa por tecnologias de conversão para bioquímicos, é adotada uma abordagem divergente, onde a empresa busca parcerias e trabalha em conjunto para otimizar o processo, em busca de algum produto viável, e a identificação desse produto final é uma etapa posterior. O foco está, então, no desenvolvimento da tecnologia. Enquanto na produção de biocombustíveis, concentra-se em um produto alvo e realiza-se a busca por uma tecnologia promissora para produzi-lo. Essa é uma abordagem convergente, com foco no produto final almejado.

5.2.3 *Stora Enso*

As rotas tecnológicas da Stora Enso são ainda menos diversificadas que as demais empresas. Os projetos desenvolvidos através de parcerias utilizam rotas químicas, exceto pela parceria com a Neste (rota termoquímica), que não são os mesmos processos adotados nas plantas de produção de papel e celulose. Porém as rotas utilizadas indicam um menor distanciamento das tecnologias de conversão mais tradicionais, que são as rotas químicas e mecânicas para a produção de celulose e papel.

Para ter acesso à rota termoquímica de produção de biocombustíveis, com uso de tecnologias de gaseificação e síntese de Fischer-Tropsch, a empresa formou uma *joint venture* com uma grande empresa do setor de produção e distribuição de combustíveis, fósseis e renováveis, a Neste. Ainda nesse projeto, o instituto VTT e a Amer Foster Wheeler agregariam através de pesquisas e testes, e fornecimento de tecnologias de gaseificação, respectivamente. Esse projeto não teve sequência, encerrando na etapa de escala piloto.

A Stora Enso tem focado seus esforços na produção de bioquímicos, utilizando rotas químicas desenvolvidas e adquiridas a partir de parcerias, como a Valmet, fornecedora da planta Lignoboost de extração de lignina do licor negro,

e da aquisição da Virdia, permitindo o acesso à tecnologia de hidrólise química, para a produção de açúcar (xilose) a partir de matéria-prima lignocelulósica. E essa última, pode ser, futuramente, agregada à nova parceria com a Rennovia, para a produção de químicos “*building blocks*” a partir de um processo de catálise do açúcar celulósico.

Dentre as três empresas, a Stora Enso é a que apresenta menos projetos em torno da *biobased industry* e com menor grau de participação. A escolha das rotas tecnológicas químicas mostra que existe pouca mudança em relação às rotas tradicionais de produção, o que caracteriza um menor grau de evolução dentro da indústria em formação.

5.3 Produtos

5.3.1 Borregaard

O portfólio de produtos da Borregaard já se distanciou da gama de produtos tradicional da indústria de papel e celulose há décadas. Hoje a Borregaard oferece celulose solúvel e microfibrilar, bioetanol, derivados de lignina e vanilina em sua biorrefinaria, em Sarpsborg, e em suas operações de lignina ao redor do mundo. Segundo relatórios da empresa, a estratégia é tornar-se produtora de especialidades, se afastando da posição de produtora de commodities.

A celulose microfibrilar (projeto Exilva) é uma área de negócios que tem apresentado avanços em pesquisas e aplicações, o que enfatiza a necessidade de desenvolvimento de mercado. Pode ser aplicada como aditivos em adesivos, detergentes, cosméticos e compósitos, e, no caso da tecnologia SenseFi, alimentos, caracterizando alternativas renováveis a produtos de base fóssil. Apesar disso, existe a necessidade de adaptação e desenvolvimento de ativos complementares, e as características do produto final podem diferir dos produtos de origem fóssil (não *drop in*).

Os derivados de lignina (lignosulfonatos) são usados em aplicações como agentes de dispersão em concreto, corantes têxteis, pesticidas, baterias e produtos cerâmicos. De modo similar ao caso da celulose microfibrilar, os

produtos são aditivos, com características específicas, alternativas para produtos de base fóssil, porém com necessidade de adaptação e mudanças nas características do produto final (não *drop in*).

No caso do bioetanol, produzido na biorrefinaria de Sarpsborg, para fins comerciais, é um produto final, commodity e perfeitamente adaptável a misturas com gasolina. O bioetanol da Borregaard, além das aplicações e distribuições no setor de transportes, também possui aplicações em fármacos e solventes, por exemplo.

E a vanilina, obtida a partir do processo de oxidação da lignina, é um produto do ramo de ingredientes alimentares, com mercado já desenvolvido, sendo uma rota alternativa tanto à produção a partir da semente de vanila (vanilina natural) quanto à produção a partir de fontes fósseis. Pode ser considerado um produto *drop in*, já que mesmo alterando a fonte de matéria-prima, e realizando os devidos processos de tratamento da mesma, o produto obtido (vanilina) não necessita de adaptações na cadeia produtiva à jusante e na infraestrutura já existente para o produto de base fóssil, além de não alterar o sabor e a qualidade do alimento. É um produto específico e final, responsável pela fragrância e pelo sabor de baunilha.

5.3.2 UPM

Dentre os projetos analisados, percebe-se um direcionamento maior da UPM em torno de biocombustíveis em comparação com químicos. Os biocombustíveis produzidos e já testados, biogasolina e o diesel renovável BioVerno, tiveram desempenho comprovado, igual ou melhor do que os combustíveis de origem fóssil, segundo a empresa, sem necessidade de adaptação por parte dos clientes, confirmando o caráter *drop in* dos produtos. São produtos finais específicos, com mercado desenvolvido.

Existem ainda dois outros projetos em desenvolvimento, em que os produtos finais também visam o mercado de combustíveis. É o caso da biorrefinaria de Strasbourg, na França, cujo objetivo será produzir diesel renovável e bionafta, ambos produtos finais com características *drop in*, e do

projeto LignoCat, cujo interesse é a produção de combustíveis lignocelulósicos, a partir do aprimoramento do bio-óleo já produzido e utilizado, principalmente, com funções de aquecimento. Esse último caso, porém, não deixa claro ainda quais serão as características de interesse desse combustível em desenvolvimento.

Quanto aos projetos relacionados à produção de químicos, estes são o desenvolvimento da tecnologia Plantrose da Renmatix, e o projeto ValChem. No primeiro caso, o objetivo é a produção de açúcares intermediários, a partir da tecnologia de hidrólise desenvolvida pela Renmatix, e, futuramente, o desenvolvimento de químicos. Já o projeto ValChem tem um objetivo claro de produção do monopropilenoglicol, que é um produto *drop in*, intermediário na produção de resinas e, em casos de alta qualidade, fármacos e cosméticos.

5.3.3 *Stora Enso*

Menos diversificado que nos demais casos, o portfólio de produtos da Stora Enso relacionado a *biobased industry* inclui diesel renovável (projeto que não foi concretizado, sendo encerrado na etapa de demonstração), lignina, açúcares intermediários, principalmente a xilose, e produtos químicos derivados de açúcar. A questão da diversificação dos produtos, no caso da Stora Enso, ainda é bastante reduzida. Nenhum dos produtos relativos a *biobased industry* está em fase de comercialização, a maioria ainda se encontra etapas de pesquisa e desenvolvimento.

Quanto ao diesel renovável, este seria produzido em parceria com a Neste, que tem *know-how* reconhecido no setor de combustíveis renováveis *drop in*. Logo, o produto final desta parceria, provavelmente, teria características *drop in*, um mercado desenvolvido e uma rede de distribuições estabelecida. Mesmo sem sucesso, o projeto permitiu à Stora Enso a experiência de produção de combustíveis renováveis a partir de sua matéria-prima, o que pode ter impacto em seu portfólio, futuramente.

A produção da lignina é outro caso interessante. Apesar do objetivo ser a produção de derivados de lignina, substitutos de produtos de fontes fósseis, a

lignina extraída do licor negro, viabilizada pela aquisição da tecnologia desenvolvida pela Valmet (planta Lignoboost), até o atual momento, está sendo utilizada para consumo interno, aproveitando seu poder energético. As aplicações finais para a lignina ainda estão sendo desenvolvidas pela Stora Enso, e, provavelmente, serão necessárias parcerias (complementadores) nesse processo.

Apesar do interesse na produção de combustíveis e extração da lignina, a empresa parece dar uma importância maior à produção de químicos produzidos a partir de açúcar celulósico. A aquisição da tecnologia para a produção de açúcares intermediários de alta pureza, principalmente a xilose, da Virdia, a partir de biomassa celulósica, é um passo fundamental na estratégia de diversificação da empresa. E a recente notícia de parceria com a Rennovia, para a produção de químicos a partir de açúcar celulósico parece se encaixar no caso anterior, permitindo que a Stora Enso tenha domínio dos dois processos, produzindo tanto açúcares intermediários, quanto produtos químicos mais à jusante na cadeia, que sejam plataformas para produtos finais de maior valor agregado.

5.4 Estruturação

5.4.1 *Borregaard*

É perceptível o distanciamento em relação ao portfólio tradicional das empresas do setor de papel e celulose. A Borregaard encerrou sua produção de papel entre as décadas de 80 e 90, e, mesmo antes disso, já utilizava os três diferentes componentes da biomassa de madeira para a produção de celulose solúvel, derivados de lignina (incluindo a vanilina) e bioetanol.

Toda matéria-prima da Borregaard é obtida através de parcerias, com proprietários regionais de plantações e florestas, no caso da biorrefinaria de Sarpsborg, na Noruega, e com empresas do setor de papel e celulose (*joint ventures*, em muitos casos), aproveitando os resíduos da produção para a extração de lignina, antes queimadas nos processos, nos casos das operações da empresa fora da Noruega. A Borregaard está exposta ao risco nos preços de madeira, energia, bem como outras matérias-primas estratégicas, além do risco

no suprimento de lignina residual, que depende da rentabilidade dos processos das empresas parceiras.

Para a planta de demonstração da tecnologia BALI, a matéria-prima apresenta um caso particular, no qual são testadas biomassas alternativas, como bagaço de cana e palha de trigo, também fornecidas por parceiros. É uma estratégia de desenvolvimento de uma tecnologia capaz de lidar com diversos tipos de matéria-prima, permitindo a expansão das operações de lignina por outras regiões do mundo.

Quanto à tecnologia, a Borregaard desenvolve suas próprias rotas e processos, que são bem diversificados, com rotas mecânicas, químicas e bioquímicas para a conversão da biomassa. Diferentemente das demais empresas analisadas, o redirecionamento estratégico da empresa teve início em um momento no qual ainda não se dava ênfase a *biobased industry*, isso indica um posicionamento diante da exploração da matéria-prima renovável anterior a um contexto favorável a essa indústria.

Para o acesso às tecnologias de conversão, a empresa investe em P&D, e possui processos de patente (tecnologia BALI, por exemplo), não dependendo de parcerias para a realização de seus projetos. Existe um interesse na diversificação das tecnologias que pode ser explicado pela intenção de crescimento e expansão internacional, já que a empresa enfatiza que não pretende ser tornar fornecedora de tecnologias.

Com relação aos produtos, a estratégia da Borregaard é entrar em setores restritos, “de nicho”, evitando se tornar uma produtora de commodities. Os produtos se inserem no contexto de alternativas a produtos fósseis, sem serem necessariamente substitutos perfeitos. A dimensão de produtos exige parcerias em muitos dos projetos, nas etapas de desenvolvimento de aplicações ou complementos (caso dos produtos do projeto Exilva) e na comercialização (caso do bioetanol e do SenseFi).

O desenvolvimento de mercado é necessário para alguns casos, como o projeto Exilva, cujas aplicações exigem parcerias para a elaboração de complementos essenciais e aplicações finais, e desnecessário em outros casos, como o bioetanol e a vanilina. Os produtos derivados de lignina (lignosulfonatos)

e os produtos Exilva, podem ser considerados intermediários, agregando características específicas à produtos finais. Enquanto vanilina e bioetanol já apresentam aplicações diretas, como ingredientes alimentares, e combustíveis e solventes, respectivamente.

A Borregaard apresenta um perfil de parcerias distinto das demais empresas estudadas. A empresa busca parceiros, principalmente, no fornecimento de matéria-prima e na distribuição do produto, ficando responsável pelas tarefas de desenvolvimento de tecnologia e de produtos. Isso indica um alto grau de envolvimento com os projetos e interesse em assimilar *know-how* dentro da *biobased industry*.

5.4.2 UPM

Apesar de grande proprietária de plantações e florestas, a matéria-prima de madeira (única matéria-prima utilizada) produzida pela própria UPM não é suficiente para todos os seus processos, necessitando de parcerias com proprietários privados para o acesso. Existe a possibilidade de utilização de resíduos em todos os projetos, o que é interessante no sentido ambiental e que evitaria o deslocamento da matéria-prima dos negócios de papel para os negócios em desenvolvimento. Além disso, todos os projetos em questão utilizam a biomassa de forma integral, muitas vezes deixando de aproveitar oportunidades e extrair o maior valor possível de cada componente.

Quanto à tecnologia, as rotas tecnológicas utilizadas são termoquímicas na maior parte dos projetos, exceto no projeto ValChem, que utiliza rota bioquímica. E para estruturar o acesso às tecnologias requeridas nos processos, a UPM buscou parcerias com empresas de setores complementares, como empresas de energia e fornecedoras de tecnologias para indústrias de energia e química, além de institutos de pesquisa responsáveis por etapas de desenvolvimento de tecnologias e produtos, e etapas de testes.

Essas parcerias se deram de acordo com os produtos desejados. No caso dos biocombustíveis de interesse da UPM, a mesma necessitava de tecnologias de gaseificação (Andritz Oy), conversão gás-líquido e hidrotratamento (Haldor

Topsoe, parceira em dois projetos de combustíveis) e pirólise catalítica (Valmet). Além da parceria com a Fortum, trazendo a visão do setor de energia.

Já no caso da produção de bioquímicos, a UPM teve uma maior participação no desenvolvimento/ otimização das tecnologias. Na otimização da tecnologia Plantrose da empresa Renmatix, o processo foi adaptado em parceria para as restrições de matéria-prima e produtos finais de interesse da UPM. No projeto ValChem, a UPM coordenou um consórcio com as parceiras (Sekab, Metabolic Explorer e Technische Universität Darmstadt) para o desenvolvimento de um processo bioquímico integrado, aproveitando as complementaridades de cada parceira.

O portfólio de produtos da empresa explora principalmente a questão dos biocombustíveis e dos açúcares intermediários. Alguns projetos para produção de biocombustíveis já estão em fase comercial (diesel renovável BioVerno) e outros em fase de desenvolvimento e (projeto da biorrefinaria de Strasbourg e LignoCat). Nesses casos não há necessidade de desenvolvimento de mercado, e a UPM não participa ativamente das etapas de desenvolvimento de tecnologia, se restringindo ao fornecimento de matéria-prima e financiamento.

Nos projetos de produção de bioquímicos, o caso da produção de açúcares intermediários pode gerar a necessidade de desenvolvimento de mercado (não estando definidas ainda as características desses intermediários) e para isso exigir parcerias dos setores à jusante, como produtores de bioquímicos avançados ou produtores de etanol. Já no projeto ValChem, o produto principal de interesse é o monopropilenoglicol, um produto intermediário com mercado desenvolvido, e os produtos secundários seriam derivados de lignina, sem mercado desenvolvido, com a participação da Technische Universität Darmstadt, para o desenvolvimento de aplicações.

Diferentemente da Borregaard, no caso da UPM, parcerias foram necessárias em todas as etapas dos projetos analisados. Esse pode ser um indício de que o grau de inserção da empresa na *biobased industry* ainda é inicial, e que o fornecimento das matérias-primas pode ser uma estratégia inicial adotada para penetrar nessa indústria em formação.

5.4.3 Stora Enso

A principal matéria-prima da Stora Enso é a madeira, e o acesso a esta é estruturado de acordo com a localização das instalações. Nas operações em países como Rússia, China, Brasil e Uruguai, a empresa conta com florestas próprias, principais fontes para o abastecimento de matérias-primas. Já nas instalações finlandesas e suecas, existe um “cluster” florestal do qual a empresa faz parte e obtém a madeira para seus processos. E nos países da Europa central, tem ainda instalações que utilizam fibras de papéis reciclados como insumo, mas, nesse caso, sem interesse para a *biobased industry*.

No caso da planta de demonstração em Raceland, EUA, a empresa investiu em uma localização próxima às plantações de cana-de-açúcar, aproveitando o bagaço para a validação da tecnologia adquirida através da empresa Virdia. É uma estratégia de diversificação da matéria-prima parecida com a da Borregaard, porém, não fica clara se a intenção da empresa com essa postura seria licenciar tecnologias capazes de lidar com diferentes matérias-primas, ou se tornar menos dependente da madeira, permitindo maior expansão da produção.

A quantidade e variedade dos projetos da Stora Enso, em comparação com as demais, é menor. Além disso, alguns projetos não estão sendo executados como planejado inicialmente. A *joint venture* não foi bem sucedida, dependendo de um investimento muito maior do que as empresas estavam dispostas a realizar. E a planta Lignoboost adquirida em parceria com a Valmet, para extração de lignina, está produzindo-a para ser consumida internamente, substituindo gás natural nos processos, ainda sem comercializar o produto, que era, de início, o objetivo.

Apesar disso, alguns projetos parecem estar mais interligados entre si, ou seja, as parcerias e tecnologias desenvolvidas parecem se encaixar. Esse é o caso da aquisição da Virdia (adquirindo, conseqüentemente a tecnologia de conversão da hemicelulose em açúcares), e, logo em seguida, o investimento em uma parceria com a empresa Rennovia para a produção de químicos a partir de açúcar celulósico. Essas parcerias sugerem uma estratégia de integração pra

frente, na qual a empresa, detentora de matérias-primas, busca parcerias nos setores à jusante da cadeia, se aproximando dos consumidores finais.

Quanto aos produtos, no caso do diesel renovável produzido em parceria com a Neste, o produto teria características *drop in*, com um mercado já desenvolvido, principalmente devido à rede de consumidores finais ligados a parceira no projeto. Os açúcares intermediários produzidos através da tecnologia da Virdia teriam muitas possibilidades, e isso significa a ausência de um mercado alvo, que seria, então, desenvolvido através de novas parcerias. Uma parceria ideal para este caso seria a Rennovia, com a tecnologia de conversão do açúcar celulósico em bioquímicos, que com o *know-how* da Rennovia na produção de químicos “*building blocks*” e a maior proximidade com o consumidor final, auxiliará no desenvolvimento de mercados alvo.

O caso da Stora Enso é bastante semelhante ao da UPM quando se busca compreender o perfil de parcerias da empresa. Existe uma significativa dependência de parcerias para o desenvolvimento de todas as etapas dos projetos. Portanto, aparentemente, apesar de existirem movimentos em torno da *biobased industry*, a Stora Enso ainda se encontra em um estágio muito inicial, utilizando a estratégia de fornecimento de matérias-primas como uma “porta de entrada” para essa indústria emergente.

5.5 Síntese da Análise

A figura 22 evidencia as atividades realizadas por cada uma das empresas estudadas, destacando as parcerias formadas ao longo da cadeia produtiva.

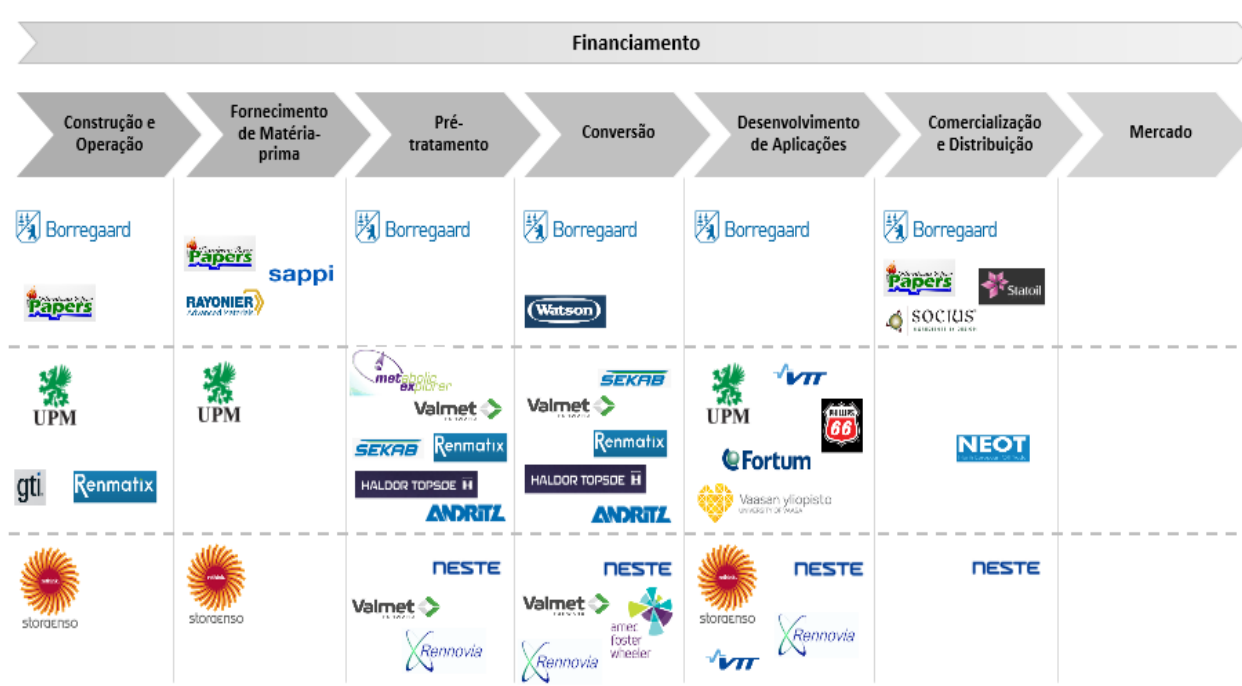


Figura 22: Participação das empresas e parcerias desenvolvidas em projetos relacionados à biobased industry. Fonte: Elaboração própria.

A postura da Borregaard perante essa nova indústria é bem distinta das demais empresas. A empresa já investe em novos mercados, distintos do mercado de papel, há muitos anos. Verifica-se um foco em especialidades em detrimento de commodities, justificando a ideia de sair completamente do mercado de papel e direcionar a produção para mercados de “nicho”. E para tanto, a Borregaard necessita de parcerias no fornecimento de madeira (outras empresas do setor de papel e celulose e proprietários de plantações) e nas etapas de comercialização e distribuição, que a mesma não domina. Os investimentos em P&D, proporcionalmente à receita da empresa foram significativos se comparados aos investimentos da UPM e da Stora Enso. A empresa busca internalizar o conhecimento, adquirindo know-how para desenvolver seus próprios processos, por meio de parcerias e investimentos em P&D.

A UPM é uma empresa de grande porte, tradicional no setor de papel e celulose, o que permite um fácil acesso a instalações viáveis para produção e à matéria-prima. Para se inserir na *biobased industry*, a UPM necessita principalmente de parcerias para a obtenção dos ativos complementares, através de empresas do setor de combustíveis e da indústria química, por

exemplo, com competências nas etapas de tratamento e conversão e de aplicações finais. A estratégia adotada pela empresa diante desses projetos enfatiza uma intensa busca por parcerias, com menor grau de internalização do conhecimento.

A Stora Enso, de forma semelhante a UPM, por ser uma das maiores empresas do setor de papel e celulose, tem fácil acesso à matéria-prima e extensas unidades de produção e operação. Para viabilizar os projetos analisados, a empresa necessitou de parcerias (setor de combustíveis e químicos) e realizou aquisições (de empresas e tecnologias para os processos químicos) nas demais etapas, como de desenvolvimento de tecnologias de conversão e de aplicações finais. No entanto, diferentemente do caso da UPM, a Stora Enso priorizou aquisições, tanto de empresas quanto de tecnologias, o que sugere uma estratégia de internalização, assimilando conhecimento a partir de terceiros.

6 Conclusão e Considerações Finais

O presente trabalho buscou explorar a inserção de empresas de papel e celulose na *biobased industry*, identificando, através de movimentos e projetos dos casos selecionados, como está ocorrendo essa inserção. Em uma análise mais geral das três empresas, foi possível perceber que, apesar das pesquisas por projetos nos últimos 10 anos, a grande maioria dos movimentos relevantes para a *biobased industry* ocorreram nos últimos 5 anos. Isso sugere o quão recente é essa busca pela inserção em novos mercados.

A análise da dimensão matéria-prima já deixou clara a diferença entre a Borregaard e os demais casos, UPM e Stora Enso. A primeira utiliza cada componente da madeira para usos específicos, que já não incluem a produção de papel, enquanto as demais não sinalizam a intenção de sair do mercado de papel, mas de complementar seu portfólio através da utilização dos resíduos para a produção de químicos e biocombustíveis. A Borregaard depende completamente de terceiros para a obtenção de madeira, o que já descarta um posicionamento da empresa na *biobased industry* como simples fornecedora de matéria-prima. Isto não é visto nas demais empresas, que podem estar utilizando dessa vantagem como um facilitador para a entrada na *biobased industry*, com posteriores investimentos e parcerias para a aquisição do *know-how* necessário nas demais etapas, como tecnologias de conversão da biomassa e aplicações finais, e então, aumentar a autonomia das empresas nessa indústria em desenvolvimento.

No que se refere à tecnologias de pré-tratamento e conversão, o grau de mudança em relação às rotas químicas, habituais da indústria de papel e celulose, varia entre as empresas. A Borregaard é a que mais se distanciou em todos os sentidos, diversificação de matérias-primas, tecnologias e produtos. A UPM já utiliza rotas termoquímicas e bioquímicas, sendo a Stora Enso, a empresa que apresenta uma menor mudança em relação às rotas tecnológicas, que são predominantemente químicas. Isso significa que a Borregaard e a UPM necessitam de maiores esforços para acessar e desenvolver novos conhecimentos se comparadas a Stora Enso, pois se distanciam mais da base de conhecimento dominada pelas empresas do setor de papel e celulose.

Quanto aos produtos, também não existe um perfil padrão entre as três empresas. A Borregaard tem o portfólio de produtos mais variado, provavelmente devido ao maior período de investimento nesses novos mercados em relação às demais empresas analisadas. Além disso, a produção da Borregaard é direcionada para o mercado de especialidades, o que explica a rentabilidade da empresa, apesar da dependência por matéria-prima. A empresa não aparenta ter a intenção de atingir as etapas *downstream* da cadeia de valor, investindo em derivados avançados de lignina ou variedades de celulose (solúvel e microfibrilar, por exemplo), que são intermediários não *drop in* para produtos finais.

A UPM prioriza o mercado de biocombustíveis em relação ao mercado de químicos, além de produtos *drop in*, o que pode permitir mais rápida penetração no mercado, substituindo produtos de origem fóssil, sem exigir adaptações ou ativos complementares. E a Stora Enso, com um portfólio de produtos mais restrito que as outras duas empresas, com projetos ainda em fase de desenvolvimento e validação de tecnologias, ainda não exhibe de forma clara as características dos produtos alvo. Existe, no entanto, uma importante semelhança entre a UPM e Stora Enso: ambas mantêm fortes investimentos no mercado de papel e celulose, atribuindo aos novos mercados a função de complementar seus portfólios.

Na dimensão estruturação, é possível identificar algumas parcerias necessárias para as empresas da indústria de papel e celulose com interesse na *biobased industry*, como empresas do setor de energia, combustíveis e químicos. Nessa análise, o caso da Borregaard é particular, já que a empresa domina as etapas de pré-tratamento, conversão e até comercialização, ficando dependente de parcerias para o fornecimento de matéria-prima. Além disso, comparativamente, o grau de inserção da Borregaard na *biobased industry* é bem superior, assumindo maiores riscos de mudança e investindo mais intensivamente em pesquisas e patentes tecnológicas. Já a UPM e a Stora Enso, com a vantagem do acesso à matéria-prima, necessitam de parcerias em todas as etapas de desenvolvimento de tecnologias e aplicação final, além da comercialização.

A Borregaard prioriza os investimentos em P&D para a obtenção de tecnologias e processos de conversão da biomassa nos seus produtos alvo, o que revela uma estratégia de internalização do conhecimento. A UPM, por sua vez, busca parcerias que desenvolvam as tecnologias e aplicações finais, enquanto a empresa agrega com fornecimento de tecnologia e financiamento. A Stora Enso, apesar do menor número de projetos avaliados, revela uma estratégia de realizar parcerias e aquisições de tecnologias e de outras empresas, com a finalidade de adquirir *know-how* e, futuramente, desenvolver seus próprios processos, internalizando o conhecimento

Para a indústria de base renovável, a indústria de papel e celulose apresenta um forte atrativo que é o acesso a matérias-primas. Enquanto que, para o setor de papel e celulose, a *biobased industry* ainda se caracteriza como uma oportunidade de diversificação e aproveitamento de resíduos para obtenção de maior receita. Embora existam estratégias distintas entre os atores, espera-se uma contribuição relevante da indústria para a *biobased industry*. Além do potencial como fonte de matérias-primas, a inserção na *biobased industry* pode transformar o próprio setor ou pelo menos algumas das empresas do setor pela diversificação de produtos, otimização dos resíduos gerados etc.

As limitações do presente trabalho quanto às análises das empresas tangem principalmente o difícil acesso à informações mais detalhadas sobre os projetos e os modelos de negócios das empresas. As fontes de busca utilizadas no estudo foram, basicamente, sites das empresas, relatórios periódicos (*press releases*) e blogs especializados no tema, que disponibilizam informações secundárias e muitas vezes divergentes sobre determinados assuntos, sendo necessária uma análise mais apurada, separando os dados reais dos dados com fins de propaganda. Uma sugestão para próximos trabalhos seria a utilização de meios diretos de obtenção de informação, por meio, por exemplo, de entrevistas com representantes das empresas, aumentando a confiabilidade das informações e maior detalhamento dos fatos, além de analisar uma maior amostragem de empresas.

Além disso, o trabalho abrangeu empresas multinacionais, e características globais de mercado. Seria interessante a realização de estudos deslocando o foco para o Brasil, e para as oportunidades existentes para a

inserção da indústria de papel e celulose na *biobased industry*. O elevado grau de estruturação e a escala da indústria de papel e celulose, aliados a outros fatores como, intensa radiação solar, água em abundância, diversidade de clima e pioneirismo na produção de biocombustível em larga escala (referência na indústria do etanol), poderiam colocar o setor em uma posição privilegiada nesta indústria em formação.

7 Referências

- ALVES, F. **Agenda Tecnológica Setorial – Químicos a partir de Renováveis**. [S.l.]. 2013.
- ANDRITZ. Synthesis Gas Generation for Transportation Fuel Production, Washington, DC, Outubro 2014.
- ANDRITZ. Biomass gasifiers for clean energy. **Andritz**, 2016. Disponível em: <<http://www.andritz.com/products-and-services/pf-detail.htm?productid=13378>>. Acesso em: Julho 2016.
- ANUÁRIO ABRAF. **Anuário Estatístico ABRAF**. [S.l.]. 2013.
- ASACPHARMA. **Terebintina**. Asacpharma. São Paulo. 2016.
- ASKO. Vi forsyner Norge med mat. **Asko**, 2016. Disponível em: <<http://www.asko.no/om-asko/>>. Acesso em: Julho 2016.
- BARTUSCH, M. et al. **Pulp & Paper Five Forces Industry Analysis**. Ibis World. [S.l.]. 2007.
- BASTOS, V. D. Biorrefinarias, Biocombustíveis e Química Renovável: Revolução Tecnológica e Financiamento. **Revista do BNDES**, Brisbane, p. 85-138, 2012.
- BIAZUS, ; DA HORA, A. B.; LEITE, B. G. P. Panorama de mercado: celulose. **BNDES Setorial**, p. 311 - 370, 2010.
- BIOBASED INDUSTRIES CONSORTIUM. Stora Enso invests in world-class biorefinery at Sunila Mill in Finland. **Biobased Industries Consortium**, 02 Agosto 2013. Disponível em: <<http://biconsortium.eu/news/stora-enso-invests-world-class-biorefinery-sunila-mill-finland>>.
- BIOFUELS DIGEST. Virdia: Biofuels Digest's 5-Minute Guide. **Biofuels Digest**, 2012. Disponível em: <<http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2012/11/06/virdia-biofuels-digests-5-minute-guide/>>. Acesso em: Julho 2016.
- BIOFUELS DIGEST. Borregaard, Rayonier Advanced Materials to invest in a 150K ton lignin operation in Florida. **Biofuels Digest**, 6 Junho 2015. Disponível em: <<http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2015/06/06/borregaard-rayonier-advanced-materials-to-invest-in-a-new-150k-tons-lignin-operation-in-florida/>>.
- BIOFUELS DIGEST. Stora Enso, Rennovia ink biobased chemicals development deal. **Biofuels Digest**, 2016. Disponível em: <<http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2016/05/11/stora-enso-rennovia-ink-biobased-chemicals-development-deal/>>. Acesso em: Julho 2016.
- BIOFUELS INTERNATIONAL. UPM BioVerno diesel found to reduce tailpipe emissions. **Biofuels International**, 25 Setembro 2015. Disponível em: <http://biofuels-news.com/display_news/9697/UPM_BioVerno_diesel_found_to_reduce_tailpipe_emissions/>.
- BIOFUELS DIGEST. UPM renewable diesel project in France lands €170M EU grant. **Biofuels Digest**, 20 dezembro 2012. Disponível em: <<http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2012/12/20/upm-renewable-diesel-project-in-france-lands-e170m-eu-grant/>>.

BIOFUELSDIGEST. Stora Enso acquires Virdia in (up to) \$62M deal. **BiofuelsDigest**, 23 Junho 2014. Disponível em: <<http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2014/06/23/stora-enso-acquires-virdia-in-up-to-62m-deal/>>.

BIOFUELSDIGEST. UPM's ValChem project gets EU funding to produce biochemicals from wood. **BiofuelsDigest**, 11 Junho 2015. Disponível em: <<http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2015/06/11/upms-valchem-project-gets-eu-funding-to-produce-biochemicals-from-wood/>>.

BIOMASS MAGAZINE. Finland-based UPM plans crude tall oil renewable diesel plant. **Biomass Magazine**, 2012. Disponível em: <<http://biomassmagazine.com/articles/7617/finland-based-upm-plans-crude-tall-oil-renewable-diesel-plant/?ref=brm>>. Acesso em: Julho 2016.

BIOMASS MAGAZINE. Neste Oil, Stora Enso shelve plans for renewable diesel plant. **Biomass Magazine**, 2012. Disponível em: <<http://biomassmagazine.com/articles/7962/neste-oil-stora-enso-shelve-plans-for-renewable-diesel-plant/>>. Acesso em: Junho 2016.

BIOMASS MAGAZINE. UPM, Renmatix form JDA for biochemical production. **Biomass Magazine**, 2013.

BIOMASS MAGAZINE. Stora Enso to build demonstration plant in Louisiana. **Biomass Magazine**, 2013 Setembro 2014.

BNDES. **Potencial de Diversificação da Indústria Química Brasileira**. BNDES. [S.l.]. 2014.

BOMTEMPO, J. V. **Agendas Tecnológicas Setoriais: Química de Renováveis**. [S.l.]. 2013.

BOMTEMPO, J. V. Bioeconomia em construção I – Os fatores de competitividade na bioeconomia. **Blog Infopetro**, Março 2014.

BOMTEMPO, J. V.; ALVES, F. C. Innovation dynamics in the biobased industry. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, 2014.

BORREGAARD. **BALI™ demo plant for co-production of bioethanol and green chemicals**. Nordic Baltic Bioenergy. Oslo: [s.n.]. 2013.

BORREGAARD. **BALI™ demo plant for co-production of bioethanol and green chemicals**. Nordic Baltic Bioenergy. Oslo: [s.n.]. 2013.

BORREGAARD. **Press Release: Official Inauguration of Borregaard's Biorefinery Demonstration Plant**. [S.l.]. 2013.

BORREGAARD. Press Release: Official Inauguration of Borregaard's Biorefinery Demonstration Plant. **Borregaard**, 16 Abril 2013. Disponível em: <[http://www.borregaard.com/Investor-Relations/GA-General-Archive/Stock-exchange-releases/Press-releases/Borregaard-Official-Inauguration-of-Borregaard-s-Biorefinery-Demonstration-Plant/\(language\)/eng-GB](http://www.borregaard.com/Investor-Relations/GA-General-Archive/Stock-exchange-releases/Press-releases/Borregaard-Official-Inauguration-of-Borregaard-s-Biorefinery-Demonstration-Plant/(language)/eng-GB)>.

BORREGAARD. **Annual Report**. [S.l.]. 2014.

BORREGAARD. **Annual Report 2014**. [S.l.]. 2014.

BORREGAARD. **The BALI Project**. [S.l.]: [s.n.]. 2014.

BORREGAARD. **Annual Report**. [S.l.]. 2015.

BORREGAARD. Borregaard assinou um acordo com Flambeau Rivers Paper LLC para a aquisição do negócio de lignina com base em operações em Park Falls deste último em Wisconsin, EUA. **Borregaard**, 21 Outubro 2015. Disponível em: <<http://www.risiinfo.com/content-gateway/pulpandpaper/news/Borregaard-to-acquire-Flambeau-Rivers-Papers-lignin-business-in-Park-Falls-WI.html>>. Acesso em: 2016.

BORREGAARD. **BORREGAARD: NEW LIGNIN OPERATION IN FLORIDA IN FINAL PHASE OF APPROVAL**. [S.l.]. 2016.

BORREGAARD. From Wood to Valuable Products. **Borregaard**, 2016. Disponível em: <[http://www.borregaard.com/Sustainability/Green-Room/From-wood-to-valuable-products/\(language\)/eng-GB](http://www.borregaard.com/Sustainability/Green-Room/From-wood-to-valuable-products/(language)/eng-GB)>. Acesso em: Maio 2016.

BORREGAARD. History. **Borregaard**, 2016. Disponível em: <<http://www.borregaard.com/About-us/History>>.

BORREGAARD SUSTAINABILITY REPORT. **Sustainability and Corporate Responsibility**. [S.l.]. 2015.

BRACELPA. Processo industrial de reciclagem. **Bracelpa**, 2016. Disponível em: <<http://bracelpa.org.br/bra2/?q=node/173>>. Acesso em: Junho 2016.

BRAJPAI, P. **Biotechnology for Pulp and Paper Processing**. [S.l.]: [s.n.], 2012.

BUSINESS WIRE. **Rayonier Advanced Materials Announces Lignin Partnership Plans with Borregaard ASA**. [S.l.]. 2015.

CASTRO, H. F. D. **Papel e Celulose**. Universidade de São Paulo. Lorena. 2009.

CELULOSE ONLINE. **Introdução ao Processo de Obtenção da Celulose**. [S.l.]. 2016.

CGEE. **Química Verde no Brasil: 2010-2030**. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. [S.l.]. 2010.

CGEE. **Eficiência energética: recomendações de ações de CT&I em segmentos da indústria selecionados – celulose e papel**. [S.l.]. 2013.

CHERUBINI,. The biorefinery concept: Using biomass instead of oil for producing energy and chemicals. **Energy Conversion and Management**, Trondheim, Março 2010. 1412–1421.

COMISSÃO EUROPEIA. Research and Innovation funding 2014-2020. **Comissão Europeia**, 2016. Disponível em: <https://ec.europa.eu/research/fp7/index_en.cfm>. Acesso em: Maio 2016.

COUTINHO, P.; BOMTEMPO, J. V. ROADMAP TECNOLÓGICO EM MATÉRIAS-PRIMAS RENOVÁVEIS: UMA BASE PARA A CONSTRUÇÃO DE POLÍTICAS E ESTRATÉGIAS NO BRASIL. **Química Nova**, p. 910 - 916, 2011.

EERE. Woody Biomass Converted to Gasoline by Five-Company Team. **Office of Energy Efficiency and Renewable Energy**, 2015. Disponível em: <<http://energy.gov/eere/articles/woody-biomass-converted-gasoline-five-company-team>>. Acesso em: Julho 2016.

EMBRAPA. Cultivo da Ameixeira. **Sistemas de Produção**, 2005. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Ameixa/CultivodaAmeixeira/ca-p02.htm>>. Acesso em: Julho 2016.

ETHANOL PRODUCER MAGAZINE. Norwegian wood ethanol makes its way to country's cars. **Ethanol Producer Magazine**, 2011.

EUROPEAN BIOFUELS. Biomass to Liquids (BtL). **European Biofuels Technology Platform**, 2016. Disponível em: <<http://www.biofuelstp.eu/btl.html>>.

EUROPEAN COMISSION. **From the Sugar Platform to biofuels and biochemicals**. [S.l.]. 2015.

EUROPEAN COMISSION. Pulp and paper industry. **European Comission**, 2015. Disponível em: <http://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/industries/forest-based/pulp-paper/index_en.htm>.

EUROPEAN COMISSION. National action plans. **European Comission**, 2016. Disponível em: <<https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/national-action-plans>>. Acesso em: Julho 2016.

EUROPEAN COMMISSION. **Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe**. Bruxelas. 2012.

EUROPEAN COMMISSION. NER 300 Programme. **European Commission**, 2016. Disponível em: <http://ec.europa.eu/clima/policies/lowcarbon/ner300/index_en.htm>. Acesso em: Julho 2016.

EUROPEAN PULP AND PAPER INDUSTRY. **Key Statistics**. Confederation of European Paper Industries. [S.l.]. 2014.

FERNANDINA OBSERVER. LignoTech Florida considers locating plant in Fernandina Beach. **Fernandina Observer: A Journal of News and Opinion**, Fernandina Beach, Fevereiro 2016.

FGV-EAESP. **Nota Técnica Plano Indústria Papel e Celulose**. Centro de Estudos em Sustentabilidade (GVces) da Escola de Administração de Empresas da Fundação Getulio Vargas (FGV-EAESP). [S.l.]. 2012.

FIGUEIREDO, P. O complexo florestal e de Celulose e Papel do Brasil. **Revista O Papel**, p. 58 - 63, Abril 2011.

FINNISH FOREST INDUSTRY BLOG. GLOBAL PAPER CONSUMPTION IS GROWING. **Finnish Forest Industry Blog**, 2013. Disponível em: <http://www.forestindustries.fi/industry/paper_cardboard_converted/paper_pulp/Global-paper-consumption-is-growing-1287.html>. Acesso em: Junho 2016.

FOLHA DE SÃO PAULO. Obesidade pode gerar gasto extra de US\$ 1,1 trilhão aos EUA, diz estudo. **Folha de São Paulo**, São Paulo, Maio 2015.

FORTUM. Metso, Fortum, UPM, and VTT are jointly developing a clean energy alternative with domestic bio-oil. **Fortum**, 30 Novembro 2009. Disponível em: <<http://www.fortum.com/en/mediaroom/pages/metso-fortum-upm-and-vtt-are-jointly-developing-a-clean-energy-alternative-with-domestic-bio-oil.aspx>>.

FORTUM. Fortum invests EUR 20 million to build the world's first industrial-scale integrated bio-oil plant. **Fortum**, 2013. Disponível em: <<http://www.fortum.com/en/mediaroom/pages/fortum-invests-eur-20-million-to-build-the-worlds-first-industrial-scale-integrated-bio-oil-plant.aspx>>. Acesso em: Julho 2016.

FORTUM. Fortum, UPM and Valmet are jointly developing technology to produce advanced biomass based fuels. **Fortum**, 11 Março 2014. Disponível em:

<<http://www.fortum.com/en/mediaroom/pages/fortum-upm-and-valmet-are-jointly-developing-technology-to-produce-advanced-biomass-based-fuels.aspx>>.

FORTUM. Fortum, UPM and Valmet are jointly developing technology to produce advanced biomass based fuels. **Fortum**, 2014. Disponível em:

<<http://www.fortum.com/en/mediaroom/pages/fortum-upm-and-valmet-are-jointly-developing-technology-to-produce-advanced-biomass-based-fuels.aspx>>. Acesso em: Junho 2016.

FOSTER VIDAL, A. C.; DA HORA, B. **A Indústria de Papel e Celulose**. BNDES. [S.l.]. 2012.

GLOBE NEWSWIRE. Stora Enso invests Euro 32 million in building biorefinery at Sunila softwood pulp mill in Finland. **Globe Newswire**, 19 Julho 2013. Disponível em:

<<http://www.risiinfo.com/content-gateway/pulpandpaper/news/Stora-Enso-to-invest-Euro-32-million-in-building-world-class-biorefinery-at-Sunila-softwood-pulp-mill-in-Finland.html>>.

GLOBE NEWSWIRE. BORREGAARD: ACQUISITION OF FOOD INGREDIENTS TECHNOLOGY. **Globe Newswire - Release Details**, 2014. Disponível em:

<<http://inpublic.globenewswire.com/2014/03/19/Borregaard+Borregaard+acquisition+of+food+ingredients+technology+HUG1769910.html;jsessionid=ZQh7VnTQ2GZM7WmH8TKcD4mh2mB83ZJFTbCcDhSmr7x9pq1mbnXS!1331056414>>. Acesso em: Maio 2016.

GLOBE NEWSWIRE. Borregaard and Rayonier Advanced Materials enter into definitive agreement to establish new lignin operation at Fernandina beach site in Florida. **Globe Newswire**, 17 Dezembro 2015. Disponível em: <<http://www.risiinfo.com/content-gateway/pulpandpaper/news/borregaard-and-rayonier-advanced-materials-enter-into-definitive-agreement-to-establish-new-lignin-operation-at-fernandina-beach-site-in-florida-142148.html>>.

GLOBE NEWSWIRE. **BORREGAARD: NEW LIGNIN OPERATION IN FLORIDA IN FINAL PHASE OF APPROVAL**. [S.l.]. 2016.

GREEN CAR CONGRESS. Testing shows UPM BioVerno renewable diesel reduces harmful tailpipe emissions. **Green Car Congress**, 24 Setembro 2015. Disponível em:

<<http://www.greencarcongress.com/2015/09/20150924-upm.html>>.

GREEN CHEMICALS. Rennovia, Stora Enso in partnership. **Green Chemicals Blog**, 2016.

Disponível em: <<http://greenchemicalsblog.com/2016/05/12/rennovia-stora-enso-in-partnership/>>. Acesso em: Julho 2016.

GTI. About us. **GTI**, 2016. Disponível em:

<<http://www.gastechnology.org/About/Pages/default.aspx>>. Acesso em: Julho 2016.

HALDOR TOPSOE. Wood-based renewable diesel bio-refinery goes on-stream in Finland.

Haldor Topsoe, 18 Março 2015. Disponível em:

<<http://www.topsoe.com/news/2015/03/wood-based-renewable-diesel-bio-refinery-goes-stream-finland>>.

HALDOR TOPSOE. About. **Haldor Topsoe**, 2016. Disponível em:

<<http://www.topsoe.com/about>>. Acesso em: Julho 2016.

HETEMÄKI, L.; HÄNNINEN, R.; MOISEYEV, J. Markets and Market Forces for Pulp and Paper Products. In: HANSEN, E.; PANWAR, H.; VLOSKY, R. **The Global Forest Sector: Changes, Practices, and Prospects**. [S.l.]: [s.n.], 2014. p. 99 - 127.

HIGHTECH FINLAND. JOINING FORCES TO DEVELOP A NEW FUEL. **HighTech Finland**, 2009.

ICIS NEWS. US Renmatix, UPM to make sugar from wood for biochems. **ICIS News**, 12 Junho 2013. Disponível em: <<http://www.icis.com/resources/news/2013/06/12/9677640/corrected-us-renmatix-upm-to-make-sugar-from-wood-for-biochems/>>.

IEA BIOENERGY. **The "Biorefinery Fact Sheet" and its Application to Wood Based Biorefining - Case Studies of IEA Bioenergy Task 42 "Biorefining"**. IEA. [S.l.]. 2015.

IEA BIOENERGY. About. **IEA Bioenergy**, 2016. Disponível em: <<http://www.ieabioenergy.com/>>. Acesso em: 2016.

JORNAL DA CANA. Diversificação da Stora Enso inclui uso de bagaço de cana em fábrica nos EUA. **Portal Jornal da Cana**, 2014. Disponível em: <<https://www.jornalcana.com.br/diversificacao-da-stora-enso-inclui-uso-de-bagaco-de-cana-em-fabrica-nos-eua/>>. Acesso em: Julho 2016.

LABIOTECH. A New Value Chain from Wood to Replace Chemicals. **LABIOTECH**, 14 Junho 2015. Disponível em: <<http://labiotech.eu/a-new-value-chain-from-wood-to-replace-chemicals/>>.

MASANELL, R. C.; RICART, J. E. From Strategy to Business Models and to Tactics. **Working Paper - Harvard Business School**, 2009.

MELÉNDEZ, J.; LEBEL, J.; STUART, P. R. A Literature Review of Biomass Feedstocks for a Biorefinery. In: STUART, P. R.; EL-HALWAGI, M. M. **Integrated Biorefineries: Design, Analysis and Optimization**. [S.l.]: [s.n.], 2013. p. 433-460.

MERCER INTERNATIONAL GROUP. Understanding a kraft pulp mill's production process. **Mercer International Group**, 2010. Acesso em: Janeiro 2016.

METABOLIC EXPLORER. Agreement between METabolic EXplorer and UPM about the development of a MPG technology based on second-generation, cellulosic sugars. **METabolic EXplorer**, 11 Junho 2015. Disponível em: <http://www.metabolic-explorer.com/images/dynmetex/biblio/fichiers/CP_METEX_2015/PR_METEX_Agreement_UPM_11.06.2015.pdf>. Acesso em: Maio 2016.

NAVARRO, M. S.; NAVARRO, F. M. S.; TAMBOURGI, E. B. Estudo de diferentes processos de obtenção da pasta celulósica para a fabricação de papel. **Revista Ciências & Tecnologia**, Campinas, Dezembro 2007.

NAVARRO, R. M. S.; NAVARRO, F. M. S.; TAMBOURGI, E. B. Estudo de diferentes processos de obtenção da pasta celulósica para fabricação de papel. **Ciências & Tecnologia**, 2007.

NESTE. **Annual Report 2015**. Neste. [S.l.]. 2015.

NESTE OIL. Neste Oil and Stora Enso and inaugurate biofuels demonstration facility at Varkaus in Finland. **NESTE OIL**, 2009. Disponível em: <<https://www.neste.com/en/neste-oil-and-stora-enso-and-inaugurate-biofuels-demonstration-facility-varkaus-finland>>. Acesso em: Junho 2016.

NESTE OIL. Neste Oil and Stora Enso to end their biodiesel project and continue cooperation on other bio products. **Neste Oil**, 17 Agosto 2012. Disponível em: <<https://www.neste.com/en/neste-oil-and-stora-enso-end-their-biodiesel-project-and-continue-cooperation-other-bio-products>>.

NIELSEN, I. R. **MAPEAMENTO DAS OPORTUNIDADES DE NEGÓCIO FLORESTAL NOS SEGUINTE SEGMENTOS: PAPEL E CELULOSE, PAINÉIS DE MADEIRA, MADEIRA SERRADA**. SECRETARIA DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS. [S.l.]. 2010.

NORDEN. **Value chain analysis of biofuels: Borregaard in Norway**. Nordic Energy Research. [S.l.]. 2013.

NORDEN. **Value chain analysis of biofuels: Borregaard in Norway**. Nordic Energy Research. [S.l.]. 2013.

NORDIC ENERGY RESEARCH. **Value chain analysis of biofuels: Borregaard in Norway**. [S.l.]. 2013.

NORDIC INVESTMENT BANK. UPM taps into renewable diesel. **Nordic Investment Bank**, Maio 2014. Disponível em: <http://www.nib.int/news_publications/cases_and_feature_stories/1438/upm_taps_into_renewable_diesel>.

NOVOZYMES. Our biotechnology and bioinnovation. **Novozymes**, 2016. Disponível em: <<http://www.novozymes.com/en/about-us/our-business>>. Acesso em: Julho 2016.

O PAPEL. BRASIL E FINLÂNDIA RUMO À LIDERANÇA EM BIOECONOMIA. **O Papel**, Março 2012.

OCDE. **The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda**. OCDE. [S.l.]. 2009.

OCDE. About. **OCDE**, 2016. Disponível em: <<http://www.oecd.org/about/>>. Acesso em: Julho 2016.

OJALA, J. et al. A EVOLUÇÃO DA INDÚSTRIA DE PAPEL GLOBAL. **O Papel**, 2013.

ONU. Conferência das Nações Unidas sobre Mudança Climática. **ONUBR**, 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/cop21/>>. Acesso em: Julho 2016.

OROSKI, F. D. A.; ALVES, C.; BOMTEMPO, J. V. Bioplastics Tipping Point: drop-in or non-drop-in? **Journal of Business Chemistry**, 2014.

OSORIO, E. G. **INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE: ESTUDO DE CASO DA IMPLANTAÇÃO DA VCP FLORESTAL NO EXTREMO SUL DO RIO GRANDE DO SUL**. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARI. Florianópolis. 2007.

OSORIO, E. G. **Monografia: INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE: ESTUDO DE CASO DA IMPLANTAÇÃO DA VCP FLORESTAL NO EXTREMO SUL DO RIO GRANDE DO SUL**. Universidade Federal de Santa Catarina. [S.l.]. 2007.

PANDEY, A. et al. Fast Pyrolysis of Biomass: Recent Advances in Fast Pyrolysis Technology. In: PANDEY, A., et al. **Recent Advances in Thermochemical Conversion of Biomass**. [S.l.]: [s.n.], 2015.

PÄTÄRI, S.; KYLÄHEIKO, ; SANDSTRÖM,. Opening up new strategic options in the pulp and paper industry: Case biorefineries. **Forest Policy and Economics**, Lappeeranta, Julho 2011. 456 - 464.

PLASTICS TODAY. UPM Biochemicals moving into biomedical applications based on its cellulose nanofibril technology. **Plastics Today**, Março 2016.

PORTAL RESÍDUOS SÓLIDOS. Reciclagem de Papel. **Portal Resíduos Sólidos**, 2013. Disponível em: <<http://www.portалresiduossolidos.com/reciclagem-de-papel-2/>>. Acesso em: Junho 2016.

POWER TECHNOLOGY. Fortum, UPM and Valmet to develop new biomass fuel technology. **Power Technology**, 2014. Disponível em: <<http://www.power-technology.com/news/newsfortum-upm-and-valmet-to-develop-new-biomass-fuel-technology-4194322>>. Acesso em: Junho 2016.

POYRY. **Paper and paperboard market: Demand is forecast to grow by nearly a fifth by 2030**. [S.l.]. 2015.

PROJETO AMBIENTAL SUSTENTÁVEL. Papel – Origem e Processo de Reciclagem. **Ambiental Sustentável**, 2011. Disponível em: <<http://ambientalsustentavel.org/2011/papel-origem-e-processo-de-reciclagem/>>. Acesso em: Junho 2016.

PULP & PAPER CANADA. Group achieves pilot-scale production of gasoline from woody biomass. **Pulp & Paper Canada**, 2014. Disponível em: <<http://www.pulpandpapercanada.com/innovation/pilot-scale-production-of-gasoline-from-woody-biomass-1003117934>>. Acesso em: Maio 2016.

PULP AND PAPER CANADA. Stora Enso developing bio-chemicals with Rennovia. **Pulp and Paper Canada**, 2016. Disponível em: <<http://www.pulpandpapercanada.com/innovation/stora-enso-developing-bio-chemicals-with-rennovia-1100000255>>. Acesso em: Junho 2016.

RAGAUSKAS, J. et al. From Wood to Fuels: Integrating Biofuels and Pulp Production. **Industrial Biotechnology**, 2006.

RENMATIX. Plantrose® Process. **Renmatix**, 2016. Disponível em: <<http://renmatix.com/technology/plantrose-technology/plantrose-process>>. Acesso em: Junho 2016.

RENNOVIA. **Stora Enso strengthens bio-based chemicals development and signs a joint technology development and license agreement with Rennovia**. [S.l.]. 2016.

RENOVA – FPA. **INTRODUÇÃO AOS PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE CELULOSE E PAPEL**. [S.l.]. 2016.

RESITOL. Tall Oil Bruto. **Resitol**, 2016. Disponível em: <http://www.resitol.com.br/produto_cto.asp>. Acesso em: Junho 2016.

RESITOL. Tall Oil Bruto. **Resitol**, 2016. Disponível em: <http://www.resitol.com.br/produto_cto.asp>. Acesso em: Julho 2016.

RISI. The PPI Top 100. **RISI**, 2015. Disponível em: <<http://legacy.risiinfo.com/magazines/October/2015/PPI/pulp-paper/magazine/international/2015/The-PPI-TOP-100-770.html>>. Acesso em: Novembro 2016.

RISI PULP & PAPER. Future Valmet to supply lignin separation plant for new biorefinery at Stora Enso's Sunila mill in Finland. **Research Information Systems**, 29 Outubro 2013. Disponível em: <<http://www.risiinfo.com/content-gateway/pulpandpaper/news/Future->

Valmet-to-supply-lignin-separation-plant-for-new-biorefinery-at-Stora-Enso2019s-Sunila-mill-in-Finland.html>.

RISI PULP & PAPER. Valmet-supplied LignoBoost lignin separation plant starts up at Stora Enso's Sunila softwood pulp mill in Finland. **Research Information Systems**, 6 Outubro 2015. Disponível em: <<http://www.risiinfo.com/content-gateway/pulpandpaper/news/Valmet-supplied-LignoBoost-lignin-separation-plant-starts-up-at-Stora-Enso's-Sunila-mill-in-Finland.html>>.

RISI PULP AND PAPER. **Outlook for the World Paper Grade Pulp Market**. RISI Pulp and Paper. [S.l.]. 2015.

RØDSRUD, ; LERSCH, M.; SJÖDE, A. History and future of world's most advanced biorefinery. **Biomass and Bioenergy**, 2012. 46 - 59.

RODSRUD, G. et al. Conversion of cellulose, hemicellulose and lignin into platform molecules: biotechnological approach. In: _____ **Biorefinery: From Biomass to Chemicals and Fuels**. [S.l.]: Walter de Gruyter GmbH & Co. KG, 2012. Cap. 7.

RUTER. About us. **Ruter**, 2016. Disponível em: <<https://ruter.no/en/about-ruter/about-us/>>. Acesso em: Julho 2016.

SAPPI. Borregaard (Norway) and Sappi (South Africa) announce 20,000 tonnes capacity expansion at lignin joint venture in SA. **Sappi**, 2015. Disponível em: <[http://www.sappi.com/regions/sa/service/News/Pages/Borregaard-\(Norway\)-and-Sappi-\(South-Africa\)-announce-20,000-tonnes-capacity-expansion-at-lignin-joint-venture-in-SA.aspx](http://www.sappi.com/regions/sa/service/News/Pages/Borregaard-(Norway)-and-Sappi-(South-Africa)-announce-20,000-tonnes-capacity-expansion-at-lignin-joint-venture-in-SA.aspx)>. Acesso em: Maio 2016.

SCIENCE NORDIC. The Research Council of Norway. **Science Nordic**, 2016. Disponível em: <<http://sciencenordic.com/partner/research-council-norway>>. Acesso em: Maio 2016.

SEBRAE NACIONAL. Startup: entenda o que é modelo de negócios. **Sebrae**, 2016. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/startup-entenda-o-que-e-modelo-de-negocios,5b3bb2a178c83410VgnVCM1000003b74010aRCRD>>. Acesso em: Agosto 2016.

SEKAB. UPM and SEKAB in cooperation for forestry-based chemicals. **Sekab**, 25 Junho 2015. Disponível em: <http://www.sekab.com/media/?nd_ukey=c558a509958ac3b6122d3c84480e1fae&nd_view=view_pressrelease&nd_nr_of_items=3&nd_id=1184196>. Acesso em: Janeiro 2016.

SILVA, ; JERÔNIMO, C. E. ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA O APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA INDUSTRIALIZAÇÃO DO COCO. **Monografias Ambientais**, Natal, v. 10, p. 2193 – 2208, Outubro - Dezembro 2012. Acesso em: 2016.

STORA ENSO. **Financial Report**. [S.l.]. 2015.

STORA ENSO. **Progress Book**. [S.l.]. 2015.

STORA ENSO. **Sustainability Report**. [S.l.]. 2015.

STORA ENSO. History. **Stora Enso**, 2016. Disponível em: <<http://www.storaenso.com/about/history>>. Acesso em: Junho 2016.

STORA ENSO. Our non food competing biomass. **Stora Enso**, 2016. Disponível em: <<http://biomaterials.storaenso.com/AboutUs-Site/Pages/Our-non-food-competing-biomass.aspx>>. Acesso em: Julho 2016.

THE WEATHER CHANNEL. Norwegian Company Creates Substance Out of Tree Waste That Could Make Junk Food Healthier. **Health**, 2015. Disponível em: <<https://weather.com/health/news/healthy-hot-dog-ice-cream-sensefi-norwegian-borregaard>>. Acesso em: Maio 2016.

UNICAMP-IE-NEIT. **ESTUDO DA COMPETITIVIDADE DE CADEIAS INTEGRADAS NO BRASIL: Impactos das Zonas de Livre Comércio**. UNICAMP. Campinas. 2003.

UPM. **UPM Corporate Environmental Statement**. UPM PULP. [S.l.]. 2013.

UPM. **Annual Report**. [S.l.]. 2014.

UPM. About us. **UPM**, 2015. Disponível em: <<http://www.upm.com/About-us/Pages/default.aspx>>. Acesso em: 15 Dezembro 2015.

UPM. **UPM Annual Report**. [S.l.]. 2015.

UPM. GrowDex® - The cellulose based hydrogel for 3D cell culture. **UPM**, 2016. Disponível em: <<http://www.upmbiochemicals.com/growdex/Pages/Default.aspx>>. Acesso em: Junho 2016.

UPM. Recovered materials are good for the environment – and the economy. **UPM**, 2016. Disponível em: <<http://www.upm.com/Responsibility/Supply-chain/Recovered-materials/Pages/default.aspx>>. Acesso em: Junho 2016.

UPM. **UPM Interim Report: Jan-Mar**. [S.l.]. 2016.

UPM. UPM's development expenditure. **UPM About us**, 2016. Disponível em: <<http://www.upm.com/About-us/Innovation/Research-Development/Pages/default.aspx>>. Acesso em: Junho 2016.

UPM. Wood Sourcing and Forestry. **UPM**, 2016. Acesso em: <http://www.upm.com/About-us/For-suppliers/Requirements/Pages/Wood-Sourcing-and-forestry.aspx> Junho 2016.

UPM BIOFORE. **COMMERCIALISING INNOVATIONS THROUGH BUSINESS AND RESEARCH COLLABORATION**. UPM Biofore. [S.l.]. 2016.

UPM BIOFUELS. UPM BioVerno is a responsible choice, 2016. Disponível em: <<http://www.upmbiofuels.com/renewable-diesel-upm-bioverno/upm-bioverno-is-a-responsible-choice/Pages/default.aspx>>. Acesso em: Junho 2016.

VALCHEM. **ValChem - A Demonstration Project**. UPM Biochemicals. Bruxelas. 2015.

VALCHEM. Partners. **ValChem Project**, 2016. Disponível em: <<http://www.valchem.eu/partners>>. Acesso em: Julho 2016.

VALMET. Metso, Fortum, UPM, and VTT are jointly developing a clean energy alternative with domestic bio-oil. **Valmet**, 2009. Disponível em: <<http://www.valmet.com/media/news/news-archive-1999-2013/energy-news/metso-fortum-upm-and-vtt-are-jointly-developing-a-clean-energy-alternative-with-domestic-bio-oil/>>. Acesso em: Julho 2016.

VALMET. First LignoBoost plants producing large volumes of kraft lignin to the market place.

Valmet, 2016. Disponível em: <<http://www.valmet.com/media/articles/up-and-running/PEERS1stLignoBoostPlants/>>. Acesso em: Junho 2016.

VALOR ECONÔMICO. Com Virdia, Stora Enso dá passo rumo a diversificação, 24 Junho 2014.

VALOR ECONÔMICO. Diversificação da Stora Enso inclui uso de bagaço de cana em fábrica nos Estados Unidos, 05 Setembro 2014.

VERACEL. Veracel. **Veracel**, 2016. Disponível em: <<http://www.veracel.com.br/nossas-operacoes/>>. Acesso em: Novembro 2016.

VIDAL, C. F.; DA HORA, A. B. A Indústria de papel e celulose. **BNDES 60 ANOS – PERSPECTIVAS SETORIAIS**, 2012.

VIRDIA. **Refined Cellulosic Sugars & Lignin – Opportunities Louisiana Shouldn't miss**. Louisiana Biofuels and Bioprocessing Summit. [S.l.]. 2012.

VISIT NORWAY. About Innovation Norway. **Visit Norway**, 2016. Disponível em: <<https://www.visitnorway.com/info/about-innovation-norway/>>. Acesso em: Maio 2016.

WASTOWSKI, A. D. **Química da Madeira: Celulose e Papel**. Universidade Federal de Santa Maria. [S.l.]. 2009.

WOOD RESOURCES INTERNATIONAL. **Global Forest Products Market Update - 4th Quarter 2015**. Seattle, EUA. 2016.