



GCV-2020 | 21

VII - Congresso Brasileiro sobre **Gestão do Ciclo de Vida**
28/09/21 a 01/10/21 | Gramado

Anais do VII Congresso Brasileiro sobre Gestão do Ciclo de Vida

Promoção



Organização e Realização



Patrocínio



Apoio



Cooperação



Volume I

Gramado
2020



GCV-2020 | 21

VII - Congresso Brasileiro sobre **Gestão do Ciclo de Vida**

Anais do VII Congresso Brasileiro sobre Gestão do Ciclo de Vida

Coordenação do Evento

Ana Carolina Badalotti Passuello

Editoração

Vinícius Gonçalves Maciel

Volume I

UFRGS
Gramado
2020

Comissão Organizadora

Presidente da Associação Brasileira de Ciclo de Vida

Gil Anderi da Silva (ABCV)

Coordenação do Evento

Ana Carolina Badalotti Passuello (UFRGS)

Comitê Científico e Técnico

Cássia Maria Lie Ugaya (UTFPR) – Coordenadora Comitê Científico

Yuki Kabe (BRASKEM) – Coordenador Comitê Técnico

Jaylton Bonacina de Araujo (UTFPR) – Apoio Comitê Científico

Aldo Roberto Ometto (USP)

Assed Naked Haddad (UFRJ)

Breno Barros Telles do Carmo (URFN)

Clandio Favarini Ruviano (UFGD)

Diogo Aparecido Lopes Silva (UFSCAR)

Ênio Leandro Machado (UNISC)

Fernanda Belizario Silva (IPT)

Fernando Rodrigues Teixeira Dias (Embrapa)

José Adolfo de Almeida Neto (UESC)

Luciano Rodrigues (UESB)

Luiz Alexandre Kulay (PQI-EPUSP)

Malaquias Zildo Antonio Tsambe (UFRGS)

Marcella Ruschi Mendes Saade (TU Graz)

Maria Cléa Brito de Figueiredo (EMBRAPA)

Marília Folegatti (EMBRAPA)

Renzo Mori Junior (IPT)

Thiago Oliveira Rodrigues (IBICT)

Tiago Braga (IBICT)

Vanessa Gomes Da Silva (UNICAMP)

Yara de Souza Tadano (UTFPR)

Comitê Organizador Local

Ângela Danilevicz (UFRGS)

Cláudia Glitzenhirn (UFRGS)

Janaína Timm (UFRGS)

Juliana Klas (UFRGS)

Matheus Mainardi (UFRGS)

Rafael Zortea (IFSUL)

Vinicius Maciel (UFRGS)

Editoração

Vinicius Gonçalves Maciel (UFRGS)

Catálogo na Publicação (CIP)

C749 Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida (7. : 2021 : Gramado, RS)

Anais do VII Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida : volume 1 [recurso eletrônico] / Organização do evento Ana Carolina Badalotti Passuello; editoração Vinicius Gonçalves Maciel. – Gramado : UFRGS, 2020. 672 f. : il.

Data do evento: 28 de setembro a 01 de outubro de 2021.
Modo de acesso: www.ufrgs.br/qcv2020.

ISBN 978-65-86232-90-5

1. Gestão do ciclo de vida. 2. Economia circular. 3. Bioeconomia. 4. Avaliação do ciclo de vida. 5. Inventário do ciclo de vida. 6. Gestão ambiental. 7. Avaliação da sustentabilidade do ciclo de vida. I. Passuello, Ana Carolina Badalotti, coord. II. Maciel, Vinicius Gonçalves, edit. III. Título.

CDU 504

Elaborada pela Biblioteca do Campus Litoral Norte da
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Avaliação do Ciclo de Vida: Desempenho Ambiental das Florestas Plantadas De *Eucalyptus* e *Pinus*

Caroline Soares da Silveira¹

Flávia Regina Poyer¹

Cainã Lima Costa¹

Letícia de Oliveira¹

¹ Programade Pós-Graduação em Agronegócios; UFRGS
carolinesoaresrefl4@hotmail.com; flavispoeyer@gmail.com;
costalimaeng@gmail.com; leticiaoliveira@ufrgs.br

Resumo

As florestas plantadas que utilizam espécies exóticas, geralmente estão inseridas em determinadas regiões, características de outros sistemas de produção, e possíveis de causar impacto ambiental. Estas florestas são cultivadas para produzir produtos necessários à sociedade, preservando as florestas nativas. Das espécies florestais consideradas exóticas em muitos países, destaca-se o *Eucalyptus* e *Pinus*. A Avaliação do Ciclo de Vida, por sua vez, consiste em uma metodologia utilizada para mensurar os impactos ambientais de atividades e processos produtivos. Analisando o contexto acima, questiona-se: Existem impactos ambientais nos cultivos florestais dessas espécies? Qual o desempenho ambiental das florestas plantadas de *Eucalyptus* e *Pinus*? Para responder estas questões, o estudo propôs-se analisar o desempenho ambiental das florestas plantadas de *Eucalyptus* e *Pinus*. Os objetivos específicos consistem em: Identificar as regiões dos plantios, os sistemas de produção florestal e as categorias de impacto ambiental nos estudos que utilizaram a Avaliação do Ciclo de Vida; identificar o impacto ambiental positivo e/ou negativo das florestas plantadas dessas espécies. A metodologia baseia-se em um estudo exploratório, na base de dados Scopus. Para analisar os resultados construiu-se um quadro catalogando as questões propostas. Posteriormente, categorizou-se os dados e aplicou-se estatística descritiva, frequência absoluta e frequência

relativa, para demonstrar os resultados e discuti-los. Para concluir, identificou-se que os sistemas florestais estiveram em maior proporção no Brasil, Portugal, EUA, Espanha, Chile, Finlândia, França e regiões da Europa, analisando sistemas de produção como o de combustível, etanol e estudos comparativos entre uso de gasolina e etanol, as operações florestais, produção de celulose e papel, produção de madeira serrada, pellets e painéis e energia/bioenergia. As categorias de impacto ambiental analisadas em maior proporção foram as emissões de GEE, potencial de aquecimento global, acidificação, ecotoxicidade e toxidade humana e o desempenho ambiental de sistemas de produção com matéria-prima florestal apresentaram, na maioria, impactos ambientais positivos, exceto quando dependente de combustíveis fósseis e fertilização nas operações florestais.

Palavras-chaves: Florestas Cultivadas, ACV, *Eucalyptus*, *Pinus*.

1 Introdução

As florestas plantadas partem de objetivos econômicos, ambientais e sociais, possuindo quatro objetivos básicos: programar uma fonte de renda de longo prazo para o produtor rural; Aumentar a oferta de madeira para fins industriais, energéticos e construção civil; Reduzir a pressão sobre as matas nativas; Capturar CO₂ da atmosfera, reduzindo os efeitos das mudanças climáticas (MAPA, 2018).

Conforme apresentado pela FAO (2015) a área de florestas plantadas no mundo aumentou mais de 105 milhões de hectares desde os anos de 1990. A taxa média anual aumentou em 3,6 milhões de hectares entre 1990 e 2000, atingindo um pico de 5,9 milhões de hectares por ano para o período de 2000 a 2005 e

desacelerou para 3,3 milhões de hectares, por ano, entre 2010 e 2015.

De acordo com a INDUFOR (2012) as principais espécies de florestas plantadas são do gênero *Eucalyptus* e *Pinus*, principalmente por se tratar de espécies não densas, que cobrem uma grande parte da área global de florestas, sendo de uso industrial e de uso múltiplo, caracterizando como plantios de maior representatividade. Entretanto, as florestas plantadas de *Eucalyptus* e *Pinus*, por se tratarem, na maioria dos casos, de plantios exóticos, causam impactos ambientais, sejam eles positivos, devido a sua função ecossistêmica, ou negativa, principalmente por estarem inseridas em ambientes que não são naturais do seu cultivo.

A determinação dos impactos positivos e/ou negativos resultam na análise do desempenho ambiental das florestas plantadas, que pode ser mensurada pela metodologia da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), uma ferramenta de gestão ambiental focada em produtos e serviços, considerando todas as etapas ao longo da vida de um produto. O ciclo de vida do produto, por sua vez, é todas as etapas que incluem: extração e/ou produção de matéria-prima, produção, distribuição, uso e destinação final (ENCICLO, 2019). Ademais, de acordo com González-García (2012) a ACV provou ser uma ferramenta valiosa para analisar aspectos ambientais de um produto (processo e/ou serviço) para fazer parte do processo de tomada

de decisão em direção à sustentabilidade, permitindo a identificação e implementação de oportunidades de melhorias ambientais.

Portanto, têm-se a seguinte questão de pesquisa: Existem impactos ambientais nos cultivos florestais dessas espécies? Qual o desempenho ambiental das florestas plantadas de *Eucalyptus* e *Pinus*? Para responder esta pergunta propõe-se o objetivo geral de analisar o desempenho ambiental das florestas plantadas de *Eucalyptus* e *Pinus*. Os objetivos específicos consistem em: Identificar as regiões dos plantios, os sistemas de produção florestal e as categorias de impacto ambiental nos estudos que utilizaram a Avaliação do Ciclo de Vida; e Identificar o impacto ambiental positivo e/ou negativo das florestas plantadas de *Eucalyptus* e *Pinus*.

2 Metodologia

Este estudo caracteriza-se como exploratório, no qual teve como objetivo analisar os impactos ambientais das florestas de *Eucalyptus* e *Pinus*. Para executar este objetivo fez-se uma revisão dos artigos que utilizaram a ACV e foram publicados na base de dados *Scopus*. Utilizou-se o seguinte algoritmo de busca: (TITLE-ABS-KEY ("life cycle assessment") OR TITLE-ABS-KEY (acv) AND TITLE-ABS-KEY (eucalyptus*) OR TITLE-ABS-KEY (pinus)) AND (LIMIT TO (DOCTYPE , "ar")).

Depois de efetivada a busca foram encontrados 76 artigos no total, após análise dos resumos obteve-se 52 artigos no escopo proposto. Dos 76 artigos, oito estavam sem acesso, um repetido e quinze fora do escopo da pesquisa. Analisando os 52 artigos, identificou-se as regiões dos estudos, as espécies estudadas, os sistemas de produção, as categorias de impacto ambiental e os impactos positivos e/ou negativos da ACV.

A partir dos dados coletados, estruturou-se um quadro para análise de conteúdo e uso da estatística descritiva, especificamente, a frequência absoluta e frequência relativa, demonstrando os resultados, para então discutirlos. O programa utilizado para a realização da frequência absoluta e frequência relativa foi o Microsoft Excel e os resultados foram catalogados em classes, que são os grupos de resultados semelhantes entre os artigos, para a aplicação da estatística.

3 Resultados e Discussões

Os resultados estão organizados em duas seções principais, após a apresentação geral dos artigos. A primeira seção apresenta caracterização dos estudos, bem como as regiões que os estudos de caso foram feitos, as espécies cultivadas, os sistemas de produção e as categorias de impacto ambiental analisadas nos estudos de ACV. A segunda seção apresenta a identificação dos impactos

ambientais positivos e/ou negativos dos estudos analisados.

Dos 52 artigos que foram analisados, o primeiro foi publicado em 2002 e a maioria no ano de 2014, que foi o pico das publicações, com oito artigos. Dos periódicos acadêmicos, o *Journal of Cleaner Production* foi o que obteve o maior número de publicações, 16 artigos, seguido do *International Journal Of Life Cycle Assessment*, com sete artigos. As áreas de estudos com maior número de publicações foram: Ciência ambiental, energia, engenharia e negócio, gestão e contabilidade.

Os autores: Sara González-García, Maria Tereza Moreira e Gumersindo Feijoo, destacaram-se com o maior número de publicações sobre a temática na base de dados *Scopus*, com treze, dez e nove artigos publicados, respectivamente. Estes três autores são filiados do Departamento de Engenharia Química da Universidade de Santiago de Compostela, na Espanha.

Ademais, as Universidades com maior número de publicações foram a de Santiago de Compostela e a Universidade de Aveiro. Os países com maior número de publicações foram: Espanha, Portugal e o Brasil, com 17, 14 e sete artigos publicados, respectivamente. No Brasil, as Universidades que tem a maioria dos artigos publicados na *Scopus* são a USP, a Universidade Federal de Sergipe e a Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Por mais que os estudos em ACV no setor florestal tenham sido publicados desde 2002, o número de artigos é considerado baixo, o que também foi observado por Klein, Wolf, Schulz e Weber-Blaschke (2015). Os autores relacionaram esta informação ao fato de que, em muitos casos, a produção florestal não é o principal objetivo do estudo, mas seus produtos subsequentes, como biomassa para combustível ou pellets, e os impactos ambientais dos processos florestais eram apenas deduzidos pela literatura.

De acordo com Klein, Wolf, Schulz e Weber-Blaschke (2015) a baixa apresentação de ACVs da produção florestal também pode ser causada pela opinião geral de que seus respectivos processos têm apenas pequenos impactos ambientais, e fornecer madeira para fins materiais ou energéticos é quase neutro em questão de balanço de carbono.

3.1. Caracterização dos Estudos de Caso

As regiões dos estudos de caso analisados foram: Brasil (13%), Portugal (12%), EUA (10%), Espanha (8%), Chile (6%), Finlândia (6%), França (6%), Regiões da Europa (6%), Alemanha (4%), Austrália (4%), Bélgica (2%), Colômbia (2%), Europa (2%), México (2%), Moçambique (2%), Taiwan (2%) e a Toscana (2%), além dos estudos que não especificaram a região, neste caso representaram 13% dos estudos.

Analisando as espécies identificadas, pôde-se perceber que ocorreram seis classes de espécies.

A primeira foi composta por estudos que utilizaram apenas espécies do gênero *Eucalyptus*, 48% dos casos; A segunda foi composta pelos estudos que utilizaram espécies do gênero *Pinus* (29%); A terceira foram os estudos que utilizaram tanto *Eucalyptus*, quanto *Pinus*, (8%); A quarta foi relacionada aos estudos que utilizaram espécies de *Eucalyptus* com outras espécies (8%); A quinta abrangeu os estudos que utilizaram espécies de *Pinus* com outras espécies (4%) e; A sexta foi composta por estudos que utilizaram tanto espécies de *Eucalyptus* e *Pinus* quanto outras espécies distintas (4%).

Das espécies do gênero *Eucalyptus* que foram identificadas, a maioria corresponde à *Eucalyptus globulus*. Ademais, grande parte dos estudos utiliza apenas o termo “*Eucalyptus*”, não identificando a espécie analisada. Dos estudos que utilizaram as espécies do gênero *Pinus*, apenas dois deles não identificaram a espécie, entretanto, ao contrário do *Eucalyptus*, não houve uma determinada espécie em destaque, pois àquelas identificadas variaram entre: *Pinus patula*, *Pinus oocarpa*, *Pinus pinea*, *Pinus marítimo*, *Pinus sylvestris*, *Pinus elliotti* e *Douglas-Fir*.

Os sistemas de produção significam os objetivos de cada artigo, sobretudo o que foi caracterizado e analisado utilizando a ACV. Sendo assim, os sistemas de produção foram variados, sendo categorizados em 10 classes principais, que são: produção de combustível, etanol e estudos comparativos entre uso de

gasolina e etanol (23%), análise de operações florestais (17%), produção de celulose e papel (15%), produção de madeira serrada, pellets e painéis (15%), energia/bioenergia (15%), produção de hidrogênio (4%), processo de combustão (4%), produção de bio-óleo, carvão ativado e agente ativador (2%), produção de biomassa florestal (2%) e briquetes de carvão vegetal (2%).

Os sistemas de produção com maior representatividade foi aqueles que determinavam o impacto ambiental da produção de combustível e comparavam o uso do etanol com a gasolina. Em segundo lugar foram os estudos de impactos ambientais das diversas operações que compõem a produção florestal: transporte, colheita florestal e manejo florestal, bem como os maquinários que obtiveram menor impacto ambiental para realizar cada operação. Em terceiro lugar estão os sistemas de produção, que representaram 15% dos estudos analisados, que analisaram os impactos ambientais da produção de celulose e papel, da madeira serrada, pellets e painéis de madeira e os estudos sobre produção de energia a partir de biomassa florestal, ou seja, bioenergia.

Por fim, analisou-se as categorias de impacto ambiental dos estudos identificando as variações de acordo com os sistemas de produção e os objetivos dos artigos. As categorias de impacto ambiental, segundo o IBICT (2020) relacionam e medem os fluxos de matéria e energia envolvidos no ciclo de vida de um produto, para que se possa compreender os

dados e os benefícios da fabricação e uso de um produto. O IBICT demonstra que as categorias de impactos ambientais mais comuns em estudos de ACV são: aumento do teor de acidez do solo, água e ar (acidificação); aumento dos agentes tóxicos que podem causar danos à biosfera (ecotoxicidade) ou podem causar danos à saúde humana (toxidade humana); esgotamento de recursos naturais não renováveis e o aumento dos buracos na camada de ozônio, o que também pôde ser observado neste estudo.

Nos estudos encontrados, houve artigos que analisaram dez categorias de impacto ambiental, outros analisaram apenas o potencial de aquecimento global, por exemplo. Dos 52 artigos, apenas em quatro não foi possível identificar as categorias de impacto ambiental analisadas. Dos estudos que analisaram apenas uma categoria de impacto ambiental, oito estudos, analisaram as Emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE), o Potencial de Aquecimento Global, a Intensidade de Gases do Efeito Estufa, o Impacto do Aquecimento Global e os Impactos das Mudanças Climáticas, ou seja, todos relacionados aos impactos causados ao meio ambiente e ao clima.

3.2. Desempenho Ambiental em Florestas Plantadas de *Eucalyptus* e *Pinus*

Para analisar os impactos ambientais dos estudos, estipularam-se três classes: Os estudos que obtiveram tanto impactos ambientais positivos quanto negativos (58%), os que apresentaram apenas impactos positivos (21%)

e àqueles que apresentaram apenas impactos ambientais negativos (21%).

Analisando os sistemas de produção com maior representatividade, iniciando com a produção de combustível, produção de etanol e comparativo entre os dois, o uso da gasolina obteve maiores impactos negativos, indicando que o desempenho ambiental do etanol é superior, além das menores emissões de GEE. Também foi observado por González-García, Moreira e Feijoo (2012) que houve reduções em várias categorias de impacto ao mudar para combustíveis à base de etanol, excluindo a formação de oxidantes fotoquímicos, eutrofização e ecotoxicidade terrestre e marinha.

Em relação ao próximo sistema de produção mais representativo, o de operações florestais, foi analisado os impactos ambientais principalmente das etapas de manejo florestal, colheita e transporte. A colheita florestal, segundo Schweier et al., (2018) causa menos impactos ambientais se mecanizada, já a colheita manual motorizada com um sistema de corte no comprimento apresenta baixo desempenho ambiental, principalmente pelo tempo no processo de extração pelo trator agrícola equipado com equipamento florestal.

Dentre as várias etapas da produção florestal, o estudo de Sánchez-García et al., (2017) indicou o transporte por caminhão como a fase que deu a maior contribuição para as emissões totais de GEE dentro do limite mais amplo do sistema,

além de ser o segundo usuário de energia mais importante. González-García, Moreira, Dias e Mola-Yudego (2014); González-García et al., (2014a) e González-García et al., (2013) apontam que as operações de extração de madeira consomem mais energia e segundo González-García, Moreira e Feijoo (2008) com uma contribuição notável nas categorias de aquecimento global, acidificação e formação de oxidantes fotoquímicos. Já as operações silviculturais de acordo com González-García, Moreira e Feijoo (2008) deram uma contribuição importante à eutrofização, devido à aplicação de fertilizantes à base de fósforo.

Na categoria de impacto de aquecimento global, a aplicação de fertilizantes contribui com maior significância nos impactos ambientais negativos. Já em relação ao manejo, segundo Gabrielle, The, Maupu e Vial (2012) o cenário de rotação de três anos foi o que mais consome energia e GEE, que contribuem para o aquecimento global, enquanto o corte manual para rotações mais longas resultou em impactos fotoquímicos maiores em comparação com os outros cenários. No geral, o transporte e a fertilização foram os dois principais contribuintes para os impactos.

Em relação aos estudos de energia e bioenergia, quando comparado as matérias-primas para a produção de bioenergia, o *Pinus* apresentou baixos valores de impactos ambientais, e dos processos analisados, combustão e gaseificação, a combustão foi mais ecológica devido a menor quantidade de energia consumida e gases

liberados (HEIDARI, KHAKI, YOUNESI e LU, 2019). Já em relação ao estudo de Cavalett, Slettmo e Cherubini (2018) que comparou sistemas de produção de bioenergia com *Eucalyptus*, as atividades que apresentaram maior impacto ambiental foram o transporte da biomassa, seguido do estabelecimento dos povoamentos e a produção dos pellets.

Quando analisado a espécie *Eucalyptus Globulus* para produção de bioenergia, a etapa que causou maior impacto ambiental foi a colheita florestal e os pontos críticos ambientais foi em relação aos processos de fertilização (MORALES et al., 2015). Na comparação entre a espécie *Eucalyptus globulus* com Álamo e Vinhedo, de acordo com González-García et al., (2014b) o uso de biomassa de álamo teve maior impacto ambiental.

Nos sistemas de produção de celulose e papel, foi realizado comparações entre produção de celulose e madeira de rotação curta, na qual a produção de *Eucalyptus* para celulose foi benéfica em quase todas as categorias de impacto ambiental, exceto para a categoria de mudanças climáticas. A razão para os maiores impactos de madeira de rotação curta é a maior necessidade de aplicação de fertilizantes (BERNSTAD SARAIVA et al., 2017).

O estudo de Da Silva Vieira, Canaveira, Simões e Domingos (2010) que comparou o *Eucalyptus globulus* com *Cannabis sativa* para a produção de papel, os maiores impactos ambientais foi na *Cannabis*, principalmente devido às etapas de

colheita e produção de celulose, pois é utilizado um número maior de operações mecânicas e maiores quantidades de fertilizantes e aditivos químicos. Ademais, quando analisado os possíveis impactos ambientais associados a todo o ciclo de vida do papel a partir de celulose de *Eucalyptus globulus*, o estágio florestal teve um papel menor nos impactos gerados. Para o sistema de produção de madeira serrada, pellets e painéis, os impactos ambientais maiores, no caso que analisa a fabricação de painéis para isolamento térmico produzido com fibras de cascas de *Eucalyptus*, foram associados ao painel com densidade superior, em função da maior massa necessária para a mesma unidade funcional, além da colheita de biomassa e a fabricação de painéis forem os estágios críticos durante todo o ciclo de vida (GARCÍA-VELÁSQUEZ e CARDONA, 2019).

No estudo de Porsö, Mate, Vinterbäck e Hansson (2016) que analisou a produção industrial de madeira de *Pinus*, as operações consideradas de maior impacto ambiental foram a colheita e o processo de fertilização. Em relação ao potencial de aquecimento global das alternativas fósseis, como carvão ou gás natural, comparadas aos pellets, mostrou que os pellets têm potencial de resfriamento da temperatura, devido ao sequestro de carbono do solo e da biomassa nos plantios de *Eucalyptus*. Nos sistemas de produção de *Pinus*, os cenários intensivos apresentaram melhor desempenho ambiental em relação ao uso de combustíveis fósseis por maquinários florestais, pois o

número de operações florestais neste cenário é reduzido. No cenário extensivo, o melhor desempenho ambiental deu-se pela ausência de fertilizantes (GONZÁLEZ-GARCÍA, 2014c).

No Brasil, onde foi concentrada a maior parte dos estudos, os setores com destaque foram os de produção de madeira serrada, pellets e painéis e produção de celulose e papel, no qual apresentaram em alguns casos apenas impactos positivos e em outros casos tanto impactos positivos quanto negativos. O fato dos estudos estarem concentrados nestes dois grandes setores pode estar relacionado com o fato de que, segundo a IBÁ (2019), estes produtos estão entre os mais produzidos no Brasil.

Conclusões

As regiões dos estudos mais representativas foram o Brasil, Portugal, EUA, Espanha, Chile, Finlândia, França e algumas regiões da Europa. Os principais sistemas de produção identificados foram a produção de combustível, etanol e comparativo entre gasolina e etanol, as operações florestais, produção de celulose e papel, produção de madeira serrada, pellets e painéis e energia/bioenergia. Das categorias de impacto ambiental, as que foram identificadas em maior proporção foram as emissões de GEE, o potencial de aquecimento global, acidificação, ecotoxicidade e toxicidade humana. Os estudos apresentaram, em maior proporção, tanto impactos ambientais positivos quanto negativos, na mesma análise e pôde-se identificar que os sistemas com matéria-prima florestal

apresentaram maior desempenho ambiental que os demais e justamente as etapas que necessitaram de matérias-primas não renováveis foram identificados com impactos ambientais negativos.

Por fim, pode-se identificar que apesar das espécies estudadas serem exóticas, apresentaram impactos ambientais positivos e os sistemas de produção que apresentaram impactos negativos, são passíveis de serem melhorados. Para trabalhos futuros recomenda-se a aplicação da ACV nas diferentes atividades da produção florestal, visto o baixo número de pesquisas neste setor, e a apresentação de alternativas para os possíveis impactos ambientais negativos, servindo como subsídio para os gestores florestais.

Referências bibliográficas

BERNSTAD SARAIVA, A., VALLE, R.A.B., BOSQUÊ, A.E.S., BERGLIN, N., V SCHENCK, (2017) A. Provision of Pulpwood and Short Rotation Eucalyptus in Bahia, Brazil – Environmental Impacts Based on Lifecycle Assessment Methodology. **Biomass and Bioenergy**, v. 105, p. 41-50.

CAVALETT, O., SLETTMO, S.N., CHERUBINI, F. (2018) Energy and Environmental Aspects of Using Eucalyptus from Brazil for Energy and Transportation Services in Europe. **Sustainability**, v. 10.

DA SILVA VIEIRA, R., CANAVEIRA, P., DA SIMÕES, A., DOMINGOS, T. (2010) Industrial Hemp or Eucalyptus Paper?: An Environmental Comparison Using Life Cycle Assessment. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 15, p. 368-375.

ENCICLO – SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS (2019). Guia Básico de Avaliação do Ciclo de Vida. Disponível em: <<http://acv.ibict.br/comunicacao/noticias/5828-conheca-o-ebook-guia-basico-de-analise-de-ciclo-de-vida/>> Acesso em: 28 de janeiro de 2020.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION ON THE UNITED NATIONS. (2016) Global Forest Resources Assessment 2015 – Who are the World's Forests Changing? Ed. 2. Rome.

GABRIELLE, B., THE, N. N., MAUPU, P., VIAL, E. (2012) Life Cycle Assessment of Eucalyptus Short Rotation Coppices for Bioenergy Production in Southern France. **Global Change Biology Bioenergy**, v. 5, p. 30-42.

GARCÍA-VELÁSQUEZ, C.A., CARDONA, C.A. (2019) Comparison of the Biochemical and Thermochemical Routes for Bioenergy Production: A Techno-Economic (TEA), Energetic and Environmental Assessment. **Energy**, v. 172, p. 232-242.

GONZÁLEZ-GARCÍA, S., BERG, S., MOREIRA, M. T., FEIJOO, G. (2009) Evaluation of Forest Operations in Spanish Eucalypt Plantations under a Life Cycle Assessment Perspective. **Scandinavian Journal of Forest Research**, v. 24, p. 160-172.

GONZÁLEZ-GARCÍA, S., BONNESOEUR, V., PIZZI, A., FEIJOO, G., MOREIRA, M.T. (2014c) Comparing Environmental Impacts of Different Forest Management Scenarios for Maritime Pine Biomass Production in France. **Journal of Cleaner Production**, v. 64, p. 356-367.

GONZÁLEZ-GARCÍA, S., DIAS, A.C., CLERMIDY, S., GABARRELL, X., ARROJA, L. (2014b) Comparative Environmental and Energy Profiles of Potential Bioenergy Production Chains in Southern Europe. **Journal of Cleaner Production**, v. 76, p. 42-54.

GONZÁLEZ-GARCÍA, S., DIAS, A. C., FEIJOO, G., MOREIRA, M. T., ARROJA, L. (2014a) Divergences on the Environmental Impact Associated to the Production of Maritime Pine Wood in Europe: French and Portuguese Case Studies. **Science of The Total Environment**, v. 472, p. 324-337.

GONZÁLEZ-GARCÍA, S., KROWAS, I., BECKER, G., FEIJOO, G., MOREIRA, M. T. (2013) Cradle-to-Gate Life Cycle Inventory and Environmental Performance of Douglas-Fir Roundwood Production in Germany. **Journal of Cleaner Production**, v. 54, p. 244-252.

GONZÁLEZ-GARCÍA, S.; LOZANO, R. G.; ESTÉVEZ, J. C.; PASCUAL, R. C.; MOREIA, T.; GABARRELL, X.; PONS, J. R.; FEIJOO, G. (2012). Environmental assessment and improvement alternatives of a ventilated wooden wall from LCA and DfE perspective. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 17, p. 432 – 443.

GONZÁLEZ-GARCÍA, S., MOREIRA, M. T., DIAS, A. C., MOLA-YUDEGO, B. (2014) Cradle-to-Gate Life Cycle Assessment of Forest Operations in Europe: Environmental and Energy Profiles. **Journal of Cleaner Production**, v. 66, p. 188-198.

GONZÁLEZ-GARCÍA, S., MOREIRA, T., FEIJOO, G. (2012) Environmental Aspects of Eucalyptus Based Ethanol Production and Use. **Science of The Total Environment**, v. 438, p. 1-8.

HEIDARI, A., KHAKI, E., YOUNESI, H., LU, H.R. (2019) Evaluation of Fast and Slow Pyrolysis Methods for Bio-Oil and Activated Carbon Production from Eucalyptus Wastes Using a Life Cycle Assessment Approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 241.

IBÁ – INDUSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (2019). Relatório 2019. Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>> Acesso em: 21 de julho de 2020.

IBICT. O que é Avaliação do Ciclo de Vida. Disponível em: <<http://acv.ibict.br/acv/o-que-e-o-acv/>> Acesso em: 10 de fevereiro de 2020.

INDUFOR. **Strategic Review on the Future of Forest Plantations in the World 2012**. Disponível em: <<http://www.fao.org/forestry/42701-090e8a9fd4969cb334b2ae7957d7b1505.pdf>>. Acesso em: 23 de julho de 2019.

KLEIN, D., WOLF, C., SCHULZ, C., WEBER-BLASCHKE, G. (2015). 20 Years Of Life Cycle Assessment (LCA) In the Forestry Sector: State of the Art and a Methodical Proposal for the LCA of Forest Production. **Int J Life Cycle Assess**.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/plano-abc-agricultura-de-baixa-emissao-de-carbono>> Acesso em: 14 de novembro de 2018.

MORALES, M., AROCA, G., RUBILAR, R., ACUÑA, E., MOLA-YUDEGO, B., GONZÁLEZ-GARCÍA, S. (2015) Cradle-to-Gate Life Cycle Assessment Of Eucalyptus Globulus Short Rotation Plantations in Chile. **Journal of Cleaner Production**, v. 99, p. 239-249.

PORSÖ, C., MATE, R., VINTERBÄCK, J., HANSSON, P.-A. (2016) Time-Dependent Climate Effects of Eucalyptus Pellets Produced in Mozambique Used Locally or for Export. **Bioenergy Research**, v. 9, p. 942-954.

SÁNCHEZ-GARCÍA, S., ATHANASSIADIS, C., MARTÍNEZ-ALONSO, C., TOLOSANA, E., MAJADA, J., CANGA, E. (2017) A GIS Methodology for Optimal Location of a Wood-Fired Power Plant: Quantification of Available Woodfuel, Supply Chain Costs and GHG Emissions. **Journal of Cleaner Production**, v. 157, p. 201-212.

SCHWEIER, J., SPINELLI, R., MAGAGNOTTI, N., WOLFSLEHNER, B., LEXER, M. J. (2018) Sustainability Assessment of Alternative Thinning Operations in Mediterranean Softwood Plantations. **Forests**, v. 9, p. 375.