



# MEIO AMBIENTE, SUSTENTABILIDADE E AGROECOLOGIA 6

Tayronne de Almeida Rodrigues  
João Leandro Neto  
Dennyura Oliveira Galvão  
(Organizadores)

**Tayronne de Almeida Rodrigues**  
**João Leandro Neto**  
**Dennyura Oliveira Galvão**  
(Organizadores)

# **Meio Ambiente, Sustentabilidade e Agroecologia 6**

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

#### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

M514 Meio ambiente, sustentabilidade e agroecologia 6 [recurso eletrônico]  
/ Organizadores Tayronne de Almeida Rodrigues, João Leandro Neto, Dennyura Oliveira Galvão. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Meio Ambiente, Sustentabilidade e Agroecologia; v. 6)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-334-7

DOI 10.22533/at.ed.347191604

1. Agroecologia – Pesquisa – Brasil. 2. Meio ambiente – Pesquisa – Brasil. 3. Sustentabilidade. I. Rodrigues, Tayronne de Almeida. II. Leandro Neto, João. III. Galvão, Dennyura Oliveira. IV. Série.

CDD 630

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

## APRESENTAÇÃO

A obra Meio Ambiente, Sustentabilidade e Agroecologia vem tratar de um conjunto de atitudes, de ideias que são viáveis para a sociedade, em busca da preservação dos recursos naturais.

Em sua origem a espécie humana era nômade, e vivia integrada a natureza, sobreviviam da caça e da colheita. Ao perceber o esgotamento de recursos na região onde habitavam, migravam para outra área, permitindo que houvesse uma reposição natural do que foi destruído. Com a chegada da agricultura o ser humano desenvolveu métodos de irrigação, além da domesticação de animais e também descobriu que a natureza oferecia elementos extraídos e trabalhados que podiam ser transformados em diversos utensílios. As pequenas tribos cresceram, formando cidades, reinos e até mesmo impérios e a intervenção do homem embora pareça benéfica, passou a alterar cada vez mais negativamente o meio ambiente.

No século com XIX as máquinas a vapor movidas a carvão mineral, a Revolução Industrial mudaria para sempre a sociedade humana. A produção em grande volume dos itens de consumo começou a gerar demandas e com isso a extração de recursos naturais foi intensificada. Até a agricultura que antes era destinada a subsistência passou a ter larga escala, com cultivos para a venda em diversos mercados do mundo. Atualmente esse modelo de consumo, produção, extração desenfreada ameaça não apenas a natureza, mas sua própria existência. Percebe-se o esgotamento de recursos essenciais para as diversas atividades humanas e a extinção de animais que antes eram abundantes no planeta. Por estes motivos é necessário que o ser humano adote uma postura mais sustentável.

A ONU desenvolveu o conceito de sustentabilidade como desenvolvimento que responde as necessidades do presente sem comprometer as possibilidades das gerações futuras de satisfazer seus próprios anseios. A sustentabilidade possui quatro vertentes principais: ambiental, econômica, social e cultural, que trata do uso consciente dos recursos naturais, bem como planejamento para sua reposição, bem como no reaproveitamento de matérias primas, no desenvolvimento de métodos mais baratos, na integração de todos os indivíduos na sociedade, proporcionando as condições necessárias para que exerçam sua cidadania e a integração do desenvolvimento tecnológico social, perpetuando dessa maneira as heranças culturais de cada povo. Para que isso ocorra as entidades e governos precisam estar juntos, seja utilizando transportes alternativos, reciclando, incentivando a permacultura, o consumo de alimentos orgânicos ou fomentando o uso de energias renováveis.

No âmbito da Agroecologia apresentam-se conceitos e metodologias para estudar os agroecossistemas, cujo objetivo é permitir a implantação e o desenvolvimento de estilos de agricultura com maior sustentabilidade, como bem tratam os autores desta obra. A agroecologia está preocupada com o equilíbrio da natureza e a produção de alimentos sustentáveis, como também é um organismo vivo com sistemas integrados

entre si: solo, árvores, plantas cultivadas e animais.

Ao publicar esta obra a Atena Editora, mostra seu ato de responsabilidade com o planeta quando incentiva estudos nessa área, com a finalidade das sociedades sustentáveis adotarem a preocupação com o futuro.

Tenham uma excelente leitura!

Tayronne de Almeida Rodrigues

João Leandro Neto

Dennyura Oliveira Galvão

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
UM ESTUDO SOBRE OS ESPAÇOS PÚBLICOS E SUAS IMPLICAÇÕES NA CIDADE DE TERESINA/PI	
Emanuelle de Aragão Arrais Ana Virgínia Alvarenga Andrade Ana Cristina Claudino de Melo Ana Paula Claudino Melo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3471916041</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>17</b>
RELAÇÃO ENTRE AVIFAUNA E PLANTAS FRUTÍFERAS EM PARQUES LINEARES URBANOS	
Carlos Humberto Biagolini Roberto Wagner Lourenço	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3471916042</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>27</b>
ANÁLISE DA VIABILIDADE DE LOCALIZAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE CONCÓRDIA DO PARÁ - PA DE ACORDO COM AS NORMAS TÉCNICAS VIGENTES COM AUXÍLIO DA FERRAMENTA SIG	
Ana Larissa Pinto da Silva Ana Beatriz Neves da Silva João Francisco Costa Carneiro Junior Jamer Andrade da Costa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3471916043</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>43</b>
AVALIAÇÃO DO EFEITO DO REPROCESSAMENTO NAS PROPRIEDADES TÉRMICAS DO POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE (PEAD) VERDE POR CALORIMETRIA EXPLORATÓRIA DIFERENCIAL (DSC)	
Amanda Vecila Cheffer de Araujo Lisete Cristine Scienza Alessandro Luiz Alves Soares Vinícius Martins	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3471916044</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>53</b>
AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DE CONCRETO NÃO ESTRUTURAL PRODUZIDO COM RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL	
Leticia Martelo Pagoto Simone Cristina Caldato da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3471916045</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>64</b>
EMPREGO DE TRATAMENTOS QUÍMICOS E FÍSICOS PARA A UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO GERADO EM USINAS TERMELÉTRICAS	
Augusto César Cavalcanti Gomes Andréa de Vasconcelos Ferraz Lucimar Pacheco Gomes da Rocha	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3471916046</b>	

<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>73</b>
<b>ENERGIAS ALTERNATIVAS EM EMPREENDIMENTOS COMERCIAIS – EXPERIÊNCIA EM ESTABELECIMENTO NO MUNICÍPIO DE SÃO GABRIEL/RS</b>	
Beatriz Stoll Moraes	
Victor Paulo Klöeckner Pires	
Lenilda Alves Oliveira	
Nilcilene de Acis Oliveira	
Viviane da Silva Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3471916047</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>80</b>
<b>MENSURAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DAS OLARIAS DA REGIÃO DO SERIDÓ/RN</b>	
Luziana Maria Nunes de Queiroz	
Priscilla Pimentel Diógenes Góis de Araújo	
Juliana da Costa Maia	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3471916048</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>93</b>
<b>MERCADOS INSTITUCIONAIS E A PROMOÇÃO DA AGRICULTURA QUILOMBOLA AGROECOLÓGICA</b>	
Cristiane Coradin	
Naziel de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3471916049</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>103</b>
<b>OS PARQUES URBANOS COMO ESPAÇOS DE BEM-ESTAR E QUALIDADE DE VIDA NA ATUALIDADE. UMA BREVE ANÁLISE NA CIDADE DE MAUÁ-SP</b>	
Marcela Hiluany	
Leonice Domingos dos Santos Cintra Lima	
<b>DOI 10.22533/at.ed.34719160410</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>113</b>
<b>PERCEPÇÃO AMBIENTAL DE ALUNOS DO ENSINO FUNDAMENTAL DE UMA ESCOLA PÚBLICA DE MIRASSOL D'OESTE – MT</b>	
Cláudia Lúcia Pinto	
Valcir Rogério Pinto	
Carolina dos Santos	
Elaine Maria Loureiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.34719160411</b>	
<b>CAPÍTULO 12 .....</b>	<b>123</b>
<b>PERCEPÇÃO AMBIENTAL DO COMPLEXO DE COMÉRCIOS, TROCA-TROCA E SHOPPING DA CIDADE, SOBRE A DEGRADAÇÃO DO RIO PARNAÍBA EM TERESINA-PI</b>	
Francisco das Chagas Paiva Silva	
Francielly Lopes da Silva	
Diene Nascimento de Sousa	
Bruna de Freitas Iwata	
<b>DOI 10.22533/at.ed.34719160412</b>	

<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>132</b>
ESTUDO DE CASO DA LOGÍSTICA REVERSA NO MUNICÍPIO DE QUINZE DE NOVEMBRO, RIO GRANDE DO SUL	
Caroline Trombetta	
Alexandre Couto Rodrigues	
Clovis Orlando Da Ros	
Rodrigo Ferreira da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.34719160413</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>147</b>
ESTRUTURA FÍSICA E ORGANIZAÇÃO DOS SERVIÇOS DE VACINAÇÃO NO MARANHÃO, BRASIL	
Rejane Christine de Sousa Queiroz	
Amanda Valeria Damasceno dos Santos	
Laine Cortês Albuquerque Castro	
Ricardo Sousa Almeida	
Francelena de Sousa Silva	
Aline Sampieri Tonello	
Erika Bárbara Abreu Fonseca Thomaz	
Maria dos Remédios Freitas Carvalho Branco	
Luiz Augusto Facchini	
<b>DOI 10.22533/at.ed.34719160414</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>159</b>
GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: UMA ANÁLISE DA COLETA SELETIVA NOS PONTOS DE ENTREGA VOLUNTÁRIA EM TERESINA, PIAUÍ	
Jéssica Aline Cardoso Gomes	
Francielly Lopes da Silva	
Francisco das Chagas Paiva Silva	
Diene Nascimento de Sousa	
Míriam Araújo de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.34719160415</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>172</b>
GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DA QUEIMA DO RESÍDUO DOMICILIAR	
Priscila Bolcchi	
Franciele Silva Martins dos Anjos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.34719160416</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>182</b>
PROCESSO DE FORMALIZAÇÃO DA CACHAÇA DE ALAMBIQUE NO ESTADO DE SÃO PAULO	
Raquel Nakazato Pinotti	
Adriana Renata Verdi	
Elisangela Marques Jeronimo	
Celina Maria Henrique	
<b>DOI 10.22533/at.ed.34719160417</b>	

<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>196</b>
REFUGIO DE VIDA SILVESTRE LAQUIPAMPA: VALORIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE PLANES DE INTERVENCIÓN	
Licela Judith Paredes Tafur	
<b>DOI 10.22533/at.ed.34719160418</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>203</b>
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE INDICES DE GOVERNANÇA ELETRÔNICA NA GESTÃO DO PODER PÚBLICO MUNICIPAL LEGISLATIVO E EXECUTIVO DE PORTO VELHO CAPITAL DO ESTADO DE RONDÔNIA	
João Marcos Machado de França	
Mariluce Paes de Souza	
Theóphilo Alves de Souza Filho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.34719160419</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>222</b>
ASSISTÊNCIA DE ENFERMAGEM NO TRATAMENTO DE PACIENTES COM DIAGNÓSTICO DE HANSENÍASE DE UMA UNIDADE DE SAÚDE DE SÃO LUIS – MA	
Kassya Rosete Silva Leitão	
Maria de Fátima Lires Paiva	
Maria Iêda Gomes Vanderlei	
Ortêncyra Moraes Silva	
Thalita Dutra de Abreu	
<b>DOI 10.22533/at.ed.34719160420</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>229</b>
CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA DE SOLOS ATRAVÉS DE CROMATOGRÁFIA DE PFEIFFER EM AGROECOSSISTEMAS	
David Marx Antunes de Melo	
Eduarda Fernandes dos Reis	
Thiago do Nascimento Coaracy	
Alex da Silva Barbosa	
Alexandre Eduardo de Araújo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.34719160421</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>235</b>
DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DOS CASOS DE INTOXICAÇÃO EXÓGENA NO ESTADO DO MARANHÃO	
Ana Emília F. Castelo Branco	
Fabrício B. Silva	
Jessflan Rafael N. Santos	
Tatiana de Sousa S. Carvalho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.34719160422</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>239</b>
GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES EM SÃO JOSÉ DO RIO PRETO – ESTUDO DE CASO	
Evandro Roberto Tagliaferro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.34719160423</b>	

<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>254</b>
IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS DA CERTIFICAÇÃO ORGÂNICA POR CONTROLE SOCIAL NA AGRICULTURA FAMILIAR DE ALAGOAS	
Rafael Navas	
<b>DOI 10.22533/at.ed.34719160424</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>264</b>
INCORPORAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZIRCÔNIO EM ACETATO DE CELULOSE PARA A VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS	
Eupídio Scopel Carla da Silva Meireles Cleocir José Dalmaschio	
<b>DOI 10.22533/at.ed.34719160425</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>277</b>
INFLUÊNCIA DO TIPO DE EMBALAGEM NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE ALFACE E ALMEIRÃO, DURANTE A COMERCIALIZAÇÃO	
Mariana Araújo de Sena Arlete da Silva Bandeira Maria Caroline Aguiar Amaral Sávio de Oliveira Ribeiro Manoel Nelson de Castro Filho Caroline Boaventura Nascimento Penha Romana Mascarenhas Andrade Gugé	
<b>DOI 10.22533/at.ed.34719160426</b>	
<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>283</b>
PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS: APONTAMENTOS SOBRE O ICMS ECOLÓGICO COMO INSTRUMENTO DE FOMENTO A POLÍTICAS PÚBLICAS AMBIENTAIS NO BRASIL	
Fernando Martinez Hungaro Edilene Mayumi Murashita Takenaka	
<b>DOI 10.22533/at.ed.34719160427</b>	
<b>CAPÍTULO 28</b> .....	<b>296</b>
PERFIL DE USO DE AGROTÓXICOS NO MUNICÍPIO DE SÃO SEBASTIÃO – ALAGOAS	
Helane Carine de Araújo Oliveira Aldenir Feitosa dos Santos João Gomes da Costa Jessé Marques da Silva Júnior Pavão	
<b>DOI 10.22533/at.ed.34719160428</b>	
<b>CAPÍTULO 29</b> .....	<b>303</b>
PREPARO DE CANDIDATO A MATERIAL DE REFERÊNCIA PARA METAIS E SEMIMETAIS EM ÁGUAS: TESTES PRELIMINARES	
Luciana Juncioni de Arauz Marcia Liane Buzzo Maria de Fátima Henriques Carvalho Lidiane Raquel Verola Mataveli Paulo Tiglea	
<b>DOI 10.22533/at.ed.34719160429</b>	

<b>CAPÍTULO 30 .....</b>	<b>312</b>
REFLEXÃO SOBRE O PROJETO DE UMA USINA DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNICÍPIO DE BENTO GONÇALVES - RS	
<a href="#">Maria Soares de Lima</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.34719160430</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES.....</b>	<b>316</b>

## AVALIAÇÃO DO EFEITO DO REPROCESSAMENTO NAS PROPRIEDADES TÉRMICAS DO POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE (PEAD) VERDE POR CALORIMETRIA EXPLORATÓRIA DIFERENCIAL (DSC)

**Amanda Vecila Cheffer de Araujo**

UFRGS, PPGE3M, Porto Alegre, RS

**Lisete Cristine Scienza**

UFRGS, DEMAT, Porto Alegre, RS

**Alessandro Luiz Alves Soares**

COOTRAGESA, Porto Alegre, RS

**Vinicius Martins**

IFSul – Campus de Sapucaia do Sul, Sapucaia do Sul, RS

**RESUMO:** O Polietileno de Alta Densidade (PEAD) é um dos polímeros mais consumidos no mercado nacional, representando 30% do resíduo polimérico gerado no Brasil. A reciclagem mecânica se constitui numa das mais importantes formas para amenizar o problema ocasionado pelo lixo. Assim, obter informações sobre possíveis perdas de propriedades para polímeros provenientes de fontes renováveis, tais como o “plástico verde”, submetidos ao reprocessamento, é importante para assegurar a qualidade do produto final e, desta forma, estimular a indústria a utilizar polímeros reciclados em uma quantidade cada vez maior. Neste sentido, o objetivo do presente estudo consistiu em avaliar e comparar as propriedades térmicas por Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC) do PEAD Verde (obtido da cana de açúcar) e PEAD Petroquímico submetidos a 10 passagens em um reômetro capilar, a 180°C

e 220°C. Os resultados revelaram que tanto o PEAD de fonte petroquímica quanto o PEAD Verde reciclado apresentaram maior grau de cristalinidade quando reprocessados a 180°C do que a 220°C. Contudo, nem o aumento da temperatura nem o número de passagens afetaram significativamente as propriedades térmicas dos polímeros estudados.

**PALAVRAS-CHAVE:** PEAD Verde, reprocessamento, reômetro, propriedades térmicas, DSC.

**ABSTRACT:** High Density Polyethylene (HDPE) is one of the most consumed polymers in the national market, accounting about 30% of plastic waste generated in Brazil. Mechanical recycling is one of the most important methods to reduce the problem caused by plastics waste. Thus, information on possible loss of properties of recycled polymers from renewable sources, such as “green plastic”, it is very important to ensure the quality of the final product and thereby stimulate the industry to use a greater amount of recycled polymers. In this way, the aim of the present study was to evaluate and compare the thermal properties by Differential Scanning Calorimetry (DSC) for green HDPE (from sugar cane) and Petrochemical HDPE after 10 passes in a capillary rheometer, at 180°C and 220°C. The results revealed that both HDPE had a higher degree of crystallinity when processed

under 180°C compared to 220°C. However, neither the temperature nor the number of passes had substantial effect on the thermal properties of the studied polymers.

**KEYWORDS:** Green HDPE, reprocessing, rheometer, thermal properties, DSC.

## 1 | INTRODUÇÃO

As demandas em relação à produção e ao consumo sustentáveis estão crescendo cada vez mais e, como consequência, está ocorrendo uma mudança significativa nas indústrias de polímeros. O desenvolvimento de uma nova geração de polímeros de base biológica (derivados de recursos renováveis) está progredindo rapidamente. O que é justificável considerando que as reservas petroquímicas do mundo estão se esgotando, fazendo com seus derivados se tornem cada vez mais caros, fato agravado quando associado à poluição resultante da fabricação e descarte de materiais poliméricos (HALEY et al., 2011).

Para acompanhar essa tendência, o mercado está abrindo portas para as empresas inovarem em produtos e processos que se apresentem como solução aos problemas sócio-ambientais, atualmente enfrentados pela sociedade. (KRUTER et al., 2012). O polietileno verde, ou bio-polietileno, ou simplesmente “plástico verde”, lançado pela Braskem em 2007, foi o primeiro a ser produzido de fonte 100% renovável. É produzido com eteno obtido a partir do etanol proveniente da cana-de-açúcar. Em 2010 a empresa colocou em operação sua planta industrial de eteno verde e tornou-se líder mundial na produção de biopolímeros. Quanto ao ciclo de vida deste polímero, sabe-se que cada tonelada de polietileno verde captura e fixa 2,5 tons do CO<sub>2</sub> proveniente das emissões gasosas, contrastando com o polietileno petroquímico, cuja produção contribui com a emissão de 2,1 tons de CO<sub>2</sub> para a atmosfera para cada tonelada do polímero produzido (BRASKEM, 2015). Segundo Machado (2010), o polietileno verde é considerado um produto valioso, raro e sem qualquer substituto disponível no presente momento.

É importante salientar que os polímeros de base biológica (*biobased polymers*) são provenientes de fontes renováveis e não são definidos, necessariamente, como polímeros biodegradáveis. Esta associação da terminologia, por vezes, encontra-se confusa na literatura ou entre os consumidores. (KRUTER et al., 2012). Os polímeros biodegradáveis são materiais cujas propriedades físicas e químicas podem degradar completamente quando expostos a microrganismos, gás carbônico (aeróbicos), metano (anaeróbicos) e água (processos aeróbicos e anaeróbicos). Assim, um polímero de base biológica pode ser biodegradável, como o ácido poli (ácido láctico) (PLA) ou não biodegradável, como o bio-polietileno. (BABU, O’CONOR, 2013). Assim, como qualquer polímero não biodegradável e de baixíssima degradabilidade, o descarte dos resíduos de polietileno verde pós-consumo se constituem num problema ambiental a ser solucionado ou minimizado.

As crescentes aplicações do polietileno de alta densidade (PEAD), principalmente no setor de embalagens de rápido descarte, vêm tornando-o um dos plásticos mais consumidos no mercado mundial. A composição dos resíduos sólidos urbanos no Brasil indica que o PEAD encontra-se em aproximadamente 30% do total dos plásticos rígidos coletados, perdendo o primeiro lugar apenas para o poli (tereftalato de etileno) - PET, com 60%. Portanto, existe uma tendência geral ao aproveitamento desses resíduos considerando-se o imenso valor potencial dos materiais processados e as implicações dos desperdícios e poluição decorrentes de não utilização desses resíduos. (CRUZ et al., 2008).

A reciclagem apresenta-se como o método de reaproveitamento do resíduo plástico que mais contribui para a redução desse resíduo em aterros sanitários e possibilita seu reuso como fonte de matéria-prima. A reciclagem de polímero pode ser dividida em três categorias: a reciclagem mecânica, química e energética. O processamento mais tradicional de reciclagem é a mecânica, que converte o resíduo plástico novamente em grânulos, podendo ser processados de análoga aos polímeros virgens (CARASHI e LEÃO, 2002). Na reciclagem mecânica, produtos de alto valor agregado fabricados com os resíduos são mais competitivos economicamente, de forma a ampliar o mercado dos polímeros reciclados. (PEREZ e MANRICH, 2008).

O processamento de polímeros envolve altas temperaturas, tensões de cisalhamento e inevitável presença de pequenas quantidades de oxigênio e água. Assim, os mecanismos atuantes usualmente envolvem ambas as reações termomecânicas e termo-oxidativas, com processos de reticulação e cisão de cadeia ocorrendo simultaneamente no polímero fundido. A contribuição relativa destes processos depende das condições de processamento e da composição e microestrutura do polímero. Assim, embora seja considerado um polímero relativamente estável, o polietileno pode sofrer degradação quando submetido a vários ciclos de reprocessamento, ocasionando modificações estruturais como cisão da cadeia principal ou a ocorrência de ligações cruzadas, com subsequente perda de propriedades físicas e mecânicas, dependendo da severidade das condições dos sucessivos processamentos. (MENDES, 2011).

Segundo Oblak et al. (2015) uma vez afetada a estrutura molecular do polímero, suas propriedades mecânicas e físicas podem ser alteradas de modo a comprometer sua processabilidade nos processos tecnológicos subsequentes aos quais o polímero será submetido, bem como na aplicação do produto final. Deste modo, o efeito das condições de reprocessamento nas propriedades dos materiais poliméricos deve ser cuidadosamente avaliado a fim de reduzir as perdas de propriedades do material produzido.

Apesar do PEAD pós-consumo estar sendo amplamente reciclado e incorporado em diversos produtos nos mais variados setores (indústria de embalagens, construção civil, automotiva e outras), poucos estudos tem sido realizados no sentido de analisar sua degradação durante os processos de reciclagem. Assim, o presente estudo avalia as propriedades térmicas do PEAD verde submetido a várias passagens num reômetro

capilar, onde a temperatura e as forças cisalhantes simulam condições semelhantes ao processamento por extrusão ou injeção. Os resultados obtidos foram avaliados e comparados ao PEAD petroquímico processado nas mesmas condições.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foram utilizados PEAD Petroquímico e PEAD Verde virgens, em formato de grânulos, fabricados pela Braskem SA e cedidos ao Instituto Federal Sul Rio-Grandense. A Tabela 1 apresenta algumas propriedades destes polímeros.

Polietileno	Produto comercial (Braskem SA)	Tensão de ruptura (MPa)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )
PEAD Petroquímico	GF4950	30	0,956
PEAD Verde (I'm green™)	SGF4950	30	0,956

Tabela 1 – Propriedades dos polímeros virgens estudados

Um reômetro capilar mede a viscosidade aparente ou índice de fluidez sobre uma ampla faixa de tensões cisalhantes e taxas de cisalhamento, usualmente encontradas em operações de processamento de polímeros fundidos como extrusão, moldagem por injeção e por compressão, entre outros (SHAH, 2007; CRUZ et al., 2008). Assim, para simular o processo de reciclagem do polímero foi utilizado o Reômetro Capilar Smart RHEO CEAST, do Laboratório de Transformação Mecânica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LdTM/UFRGS).

Cerca de 100 g de PEAD virgem (Petroquímico ou Verde), em formato de grânulos, Figura 1(a), foram alimentados ao reômetro para produzir filamentos, conforme Figura 1(b), os quais foram cortados em pequenas agulhas, como mostrado na Figura 1(c), inseridos novamente no reômetro e reprocessados nas mesmas condições. Esta operação foi repetida 10 vezes nas temperaturas de processamento de 180°C (recomendada pelo fabricante) e também a 220°C. A cada passagem no reômetro as amostras foram submetidas a taxas de cisalhamento entre 10 s<sup>-1</sup> e 6000 s<sup>-1</sup>.

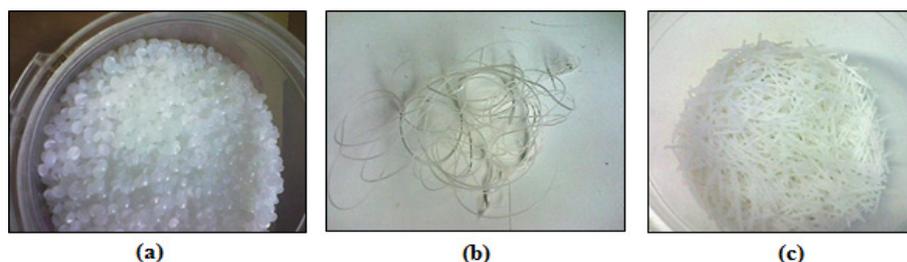


Figura 1 - (a) PEAD em grânulos, (b) filamentos de PEAD produzido pela reometria capilar, (c) PEAD cortado em formato de “agulhas”

A análise de DSC foi conduzida no Laboratório de Caracterização e Controle de Qualidade de Polímeros do Instituto Federal Sul Rio-Grandense com um DSC Perkin-Elmer Pyris 6 DSC, sob atmosfera de gás nitrogênio, com vazão de 20 mL/min na seguinte programação de temperatura controlada: (a) Isoterma de 30°C por 1 minuto; (b) Aquecimento de 30°C a 200°C, com taxa de 10 °C/min (primeira corrida); (c) Isoterma de 200°C por 5 minutos; (d) Resfriamento de 200°C a 30°C, com taxa de 10 °C/min; (e) Isoterma de 30°C por 5 minutos; (f) Aquecimento de 30°C a 200°C, com taxa de 10 °C/min (segunda corrida de aquecimento).

O índice de cristalinidade ( $X_c$ ) foi calculado a partir do pico endotérmico mostrado pela análise DSC da segunda corrida pela Equação (1):

$$X_c = \Delta H_f \div \Delta H_{f_{PEAD}} \quad (1)$$

sendo  $X_c$  é o índice de cristalinidade,  $\Delta H_f$  é o calor de fusão da amostra, ou seja, o valor da área do segundo pico de fusão da amostra, e  $\Delta H_{f_{PEAD}}$  é o calor de um polímero hipoteticamente 100% cristalino. Para estes cálculos, tomou-se  $\Delta H_{f_{PEAD}} = 218 \text{ J/g}$  para o material PEAD. (CANEVAROLO, 2004). A Tabela 2 apresenta a nomenclatura usada para identificação das amostras ensaiadas.

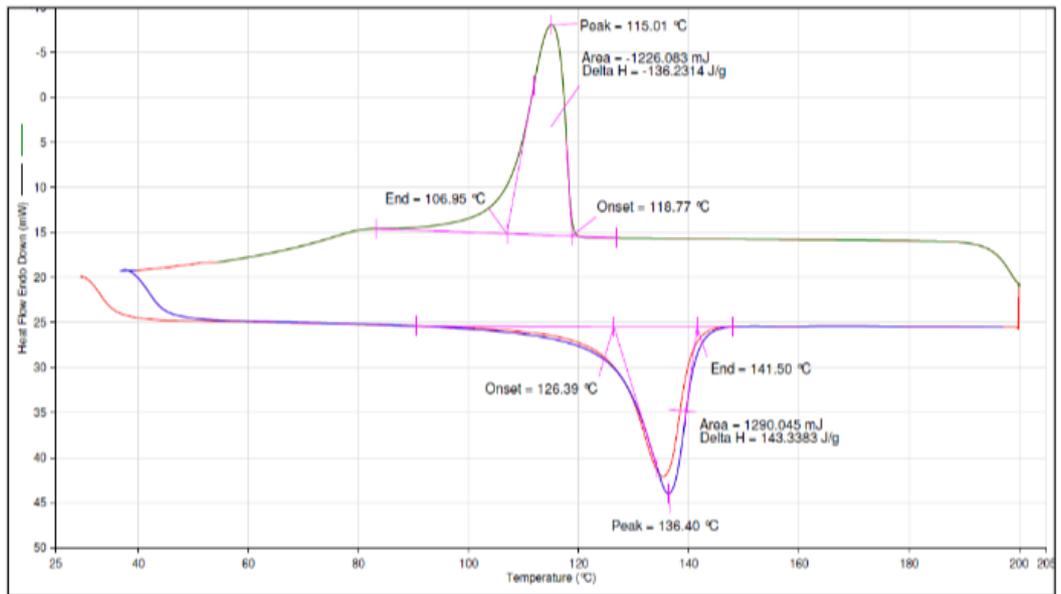
Identificação	Polietileno	Nº de reprocessamentos	Temperatura de processamento (°C)
PV_virgem	PEAD Verde	0	-
PV_180c_10re	PEAD Verde	10	180
PV_220c_10re	PEAD Verde	10	220
PP_virgem	PEAD Petroquímico	0	-
PP_180c_10re	PEAD Petroquímico	10	180
PP_220c_10re	PEAD Petroquímico	10	220

Tabela 2 – Identificação das amostras

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

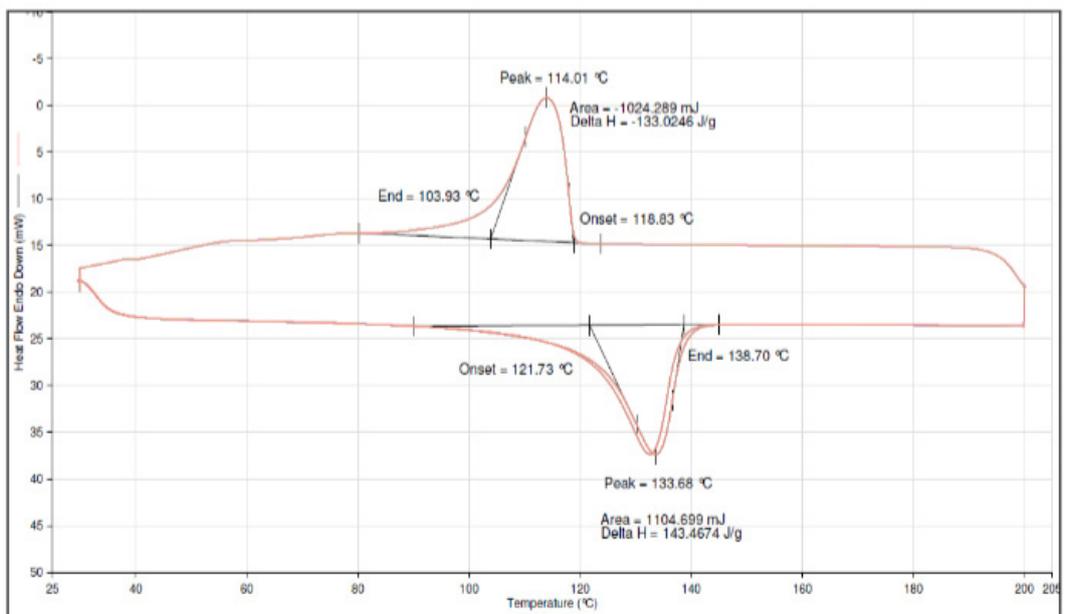
As observações visuais das amostras poliméricas submetidas ao reprocessamento revelaram que os filamentos obtidos tinham coloração amarelada, diferentemente do polímero virgem, de cor branca. Esta mudança na coloração, provavelmente, é causada por reações de oxidação do material devido à degradação ocasionada pelo reprocessamento. (DE PAOLI, 2008). Notou-se também que, diferentemente do PEAD Petroquímico, os filamentos de PEAD Verde reprocessados a 180°C eram quebradiços.

Os resultados das análises DSC são apresentados em gráficos de fluxo de energia em função da temperatura e mostrados nas Figuras 2 e 3.

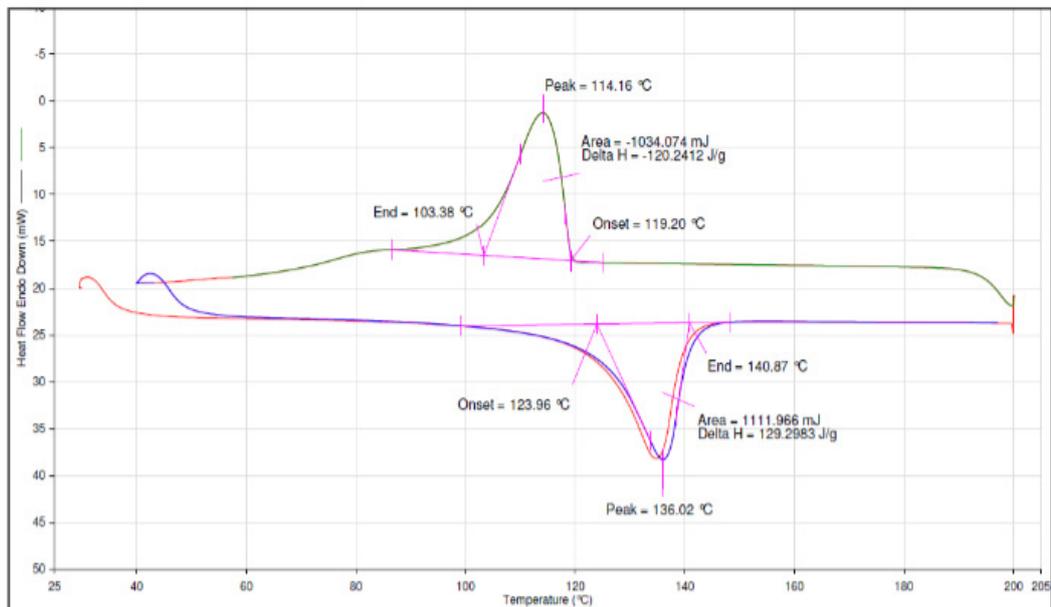


(a)

Figura 2 - Curvas de DSC: (a) PV virgem, (b) PV\_180c\_10re e (c) PV\_220c\_10re

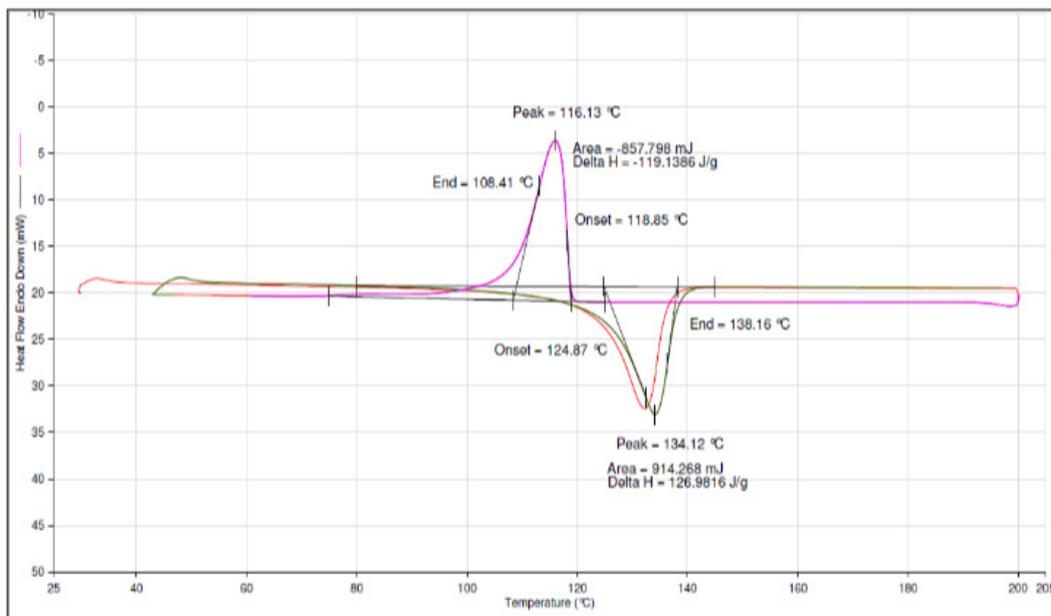


(b)

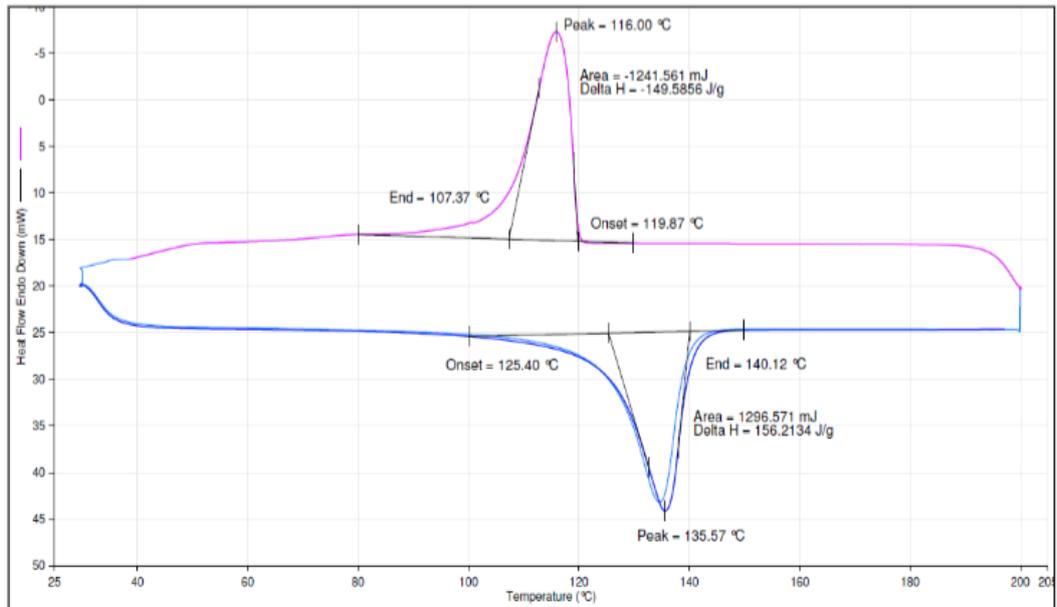


(c)

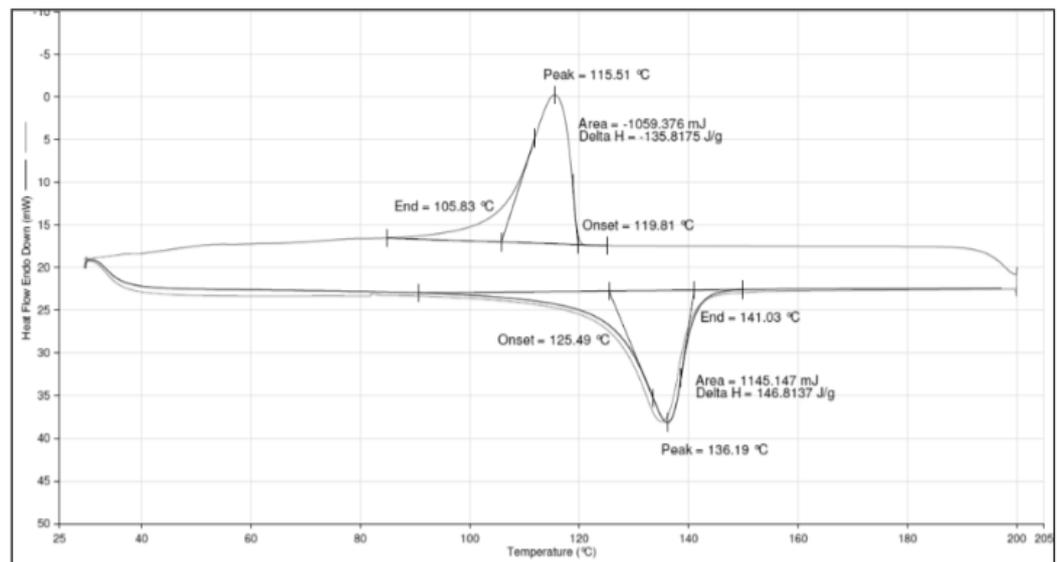
Figura 3 - Curvas de DSC: (a) PP virgem, (b) PP\_180c\_10re e (c) PP\_220c\_10re



(a)



(b)



(c)

Os valores do grau de cristalinidade das amostras que foram calculados pela Equação (1) para obtenção do grau de cristalinidade são apresentados na Tabela 3, juntamente com outras informações obtidas pela análise de DSC.

Amostra	$T_f$ (°C)	$T_{onset}$ (°C)	$\Delta H_f$ (J/g)	$T_c$ (°C)	$\Delta H_c$ (J/g)	Xc (%)
PV_virgem	136,40	126,39	143,34	115,01	-136,23	65,75
PV_180c_10re	133,68	121,73	143,67	114,01	-133,05	65,81
PV_220c_10re	136,02	123,96	129,30	114,16	-120,21	59,31
PP_virgem	134,12	124,87	126,98	116,13	-119,14	58,23
PP_180c_10re	135,57	125,40	156,21	116,00	-149,59	71,66
PP_220c_10re	136,19	125,18	146,81	115,51	-135,82	67,35

Tabela 3 - Valores obtidos a partir da análise de DSC

$T_f$  = temperatura de fusão cristalina,  $T_{onset}$  = temperatura de início da fusão,  $T_c$  = temperatura de cristalização,  $\Delta H_f$  = entalpia de fusão,  $\Delta H_c$  = entalpia de cristalização,  $X_c$  = grau de cristalinidade

Quanto às propriedades térmicas do material, pode-se observar que o aumento da temperatura de processamento do material teve pouca influência nas temperaturas de fusão e cristalização dos polímeros testados. Contudo, as alterações observadas, demonstram que o PEAD Verde é suscetível a variações estruturais em maior grau que o PEAD Petroquímico, especialmente na temperatura de 180°C, obtendo uma maior linearidade e organização das cadeias poliméricas.

Segundo a literatura, o PEAD é um polímero com alto grau de cristalinidade: 75% a 95% (CANEVAROLO, 2004). No entanto, os valores encontrados para o grau de cristalinidade das amostras estudadas foram muito inferiores aos valores reportados na literatura. Observou-se também que tanto o PEAD Petroquímico quanto o PEAD Verde reprocessados a 180°C apresentaram maior grau de cristalinidade do que aqueles reprocessados a 220°C. Quanto maior a cristalinidade, mais elevadas são as propriedades de densidade, rigidez, estabilidade dimensional, resistência química, temperatura de fusão, temperatura de transição vítrea e temperatura de utilização, entre outros. Por outro lado, reduzem-se as propriedades de resistência ao impacto, transparência, etc. (CANEVAROLO, 2004), o que pode comprometer as aplicações do produto final.

## 4 | CONCLUSÕES

O PEAD Verde se constitui num importante biopolímero de uso comercial, que pode ser reprocessado várias vezes sem perdas significativas em suas propriedades térmicas. O efeito da temperatura em outras variáveis, tais como temperaturas e entalpias de fusão e cristalização, foi mais evidente para o PEAD Verde, indicando que as condições de processamento exercem um efeito diferenciado em sua estrutura em relação ao PEAD Petroquímico.

Contatou-se que o reprocessamento a 180°C gerou polímeros com maior grau de cristalinidade do que o material reprocessado a 220°C. Comparando os valores obtidos nas duas temperaturas de processamento consideradas, a redução da cristalinidade observada na maior temperatura demonstra que outros mecanismos de degradação (reticulação, oxidação) passam a competir com o mecanismo de cisão de cadeias. As condições e o número de ciclos de processamento do PEAD devem ser adequados e controlados, de modo a assegurar a qualidade do material reciclado de tal forma que a aplicação do produto final não fique comprometida.

## REFERÊNCIAS

BABU, R. P.; O'CONNOR, K. Current progress on bio-based polymers and their future trends.

**Progress in Biomaterials**, v. 2. N. 8, 2013, p. 1-16.

BRASKEM. Biopolímero polietileno verde, inovação transformando plástico em sustentabilidade. Disponível em: [www.braskem.com.br/Portal/Principal/Arquivos/Download/Upload/Catalogo\\_PE\\_Verde.pdf](http://www.braskem.com.br/Portal/Principal/Arquivos/Download/Upload/Catalogo_PE_Verde.pdf). Acesso em 06/07/2015.

CANEVAROLO, S. V. **Técnicas de caracterização de polímeros**. São Paulo: Artliber, 2004, 448 p.

CARASCHI, J.; LEÃO, A. L. Avaliação das propriedades mecânicas dos plásticos reciclados provenientes de resíduos sólidos urbanos. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 6, 2002, p. 1599-1602.

CRUZ, S. A.; FARAH, M.; ZANIN, M.; BRETAS, R.E.S. Avaliação das propriedades reológicas de blendas de PEAD virgem/PEAD reciclado. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, Associação Brasileira de Polímeros, v. 18, n. 2, 2008, p. 144-151.

DE PAOLI, M. A. **Degradação e Estabilização de Polímeros**. 2ª Ed., Artliber, 2009, 286 p.

HALLEY, P. J.; DORGAN, J. R. Next generation biopolymers: advanced functionality and improved sustainability. **MRS Bulletin**, v. 36, sept. de 2011, p. 687-691.

KRUTER, G. E.; BARCELLOS, M. D.; SILVA, V. S. As atitudes dos consumidores em relação ao plástico verde. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 1, n. 1, jan-jun. de 2012, p. 19-46.

MACHADO, R. E. Competitive strategy and sustainable product: Braskem's green polyethylene. **Gestão Contemporânea**, n. 8, jul.-dez. de 2010, p. 9-35.

MENDES, A. A.; CUNHA, A. M.; BERNARDO, C. A. Study of degradation mechanisms of polyethylene during reprocessing. **Polymer Degradation and Stability**, n. 96, 2011, p. 1125-1133.

OBLAK, P., GONZALES-GUTIERRES, J., ZUPANCIC, B., AULOVA, A., Processability and mechanical properties of extensively recycled high density polyethylene, **Polymer Degradation and Stability**, n. 114, p. 133-145, 2015.

PEREZ, I. S. B.; MANRICH, S. & MANRICH, S. Efeito da adição de diferentes copolímeros em blendas HDPE/HIPS pós-consumo: morfologia de fases e propriedades térmicas. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, Associação Brasileira de Polímeros, v. 8, n. 3, 2008, p. 207-214.

SHAH, V. **Handbook of Plastics Testing and Failure Analysis**. 3rd. Ed., John Willey & Sons Inc., 2007, 634 p.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**Tayronne de Almeida Rodrigues** - Filósofo e Pedagogo, especialista em Docência do Ensino Superior e Graduando em Arquitetura e Urbanismo, pela Faculdade de Juazeiro do Norte-FJN, desenvolve pesquisas na área das ciências ambientais, com ênfase na ética e educação ambiental. É defensor do desenvolvimento sustentável, com relevantes conhecimentos no processo de ensino-aprendizagem. Membro efetivo do GRUNEC - Grupo de Valorização Negra do Cariri. E-mail: tayronnealmeid@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9378-1456>.

**João Leandro Neto** - Filósofo, especialista em Docência do Ensino Superior e Gestão Escolar, membro efetivo do GRUNEC. Publica trabalhos em eventos científicos com temas relacionados a pesquisa na construção de uma educação valorizada e coletiva. Dedicar-se a pesquisar sobre métodos e comodidades de relação investigativa entre a educação e o processo do aluno investigador na Filosofia, trazendo discussões neste campo. Também é pesquisador da arte italiana, com ligação na Scuola de Lingua e Cultura – Itália. Amante da poesia nordestina com direcionamento as condições históricas do resgate e do fortalecimento da cultura do Cariri. E-mail: joaoleandro@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1738-1164>.

**Dennyura Oliveira Galvão** - Possui graduação em Nutrição pela Universidade Federal da Paraíba, mestrado pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte e doutorado em Ciências Biológicas (Bioquímica Toxicológica) pela Universidade Federal de Santa Maria (2016). Atualmente é professora titular da Universidade Regional do Cariri. E-mail: dennyura@bol.com.br LATTES: <http://lattes.cnpq.br/4808691086584861>.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-334-7

