

BIOTECNOLOGIA E SUSTENTABILIDADE: SOLUÇÕES INOVADORAS PARA O DESAFIO DOS RESÍDUOS PLÁSTICOS EM CAPANEMA-PA

Jessica Caroline Silva do Nascimento¹
Lorena de Paula da Silva Maciel²
Tharcísio Fernandes Carvalho³
Victor Lorenzo Alves Cunha⁴
Williams Jorge da Cruz Macedo⁵

Reaproveitamento, reutilização e tratamento de resíduos
(sólidos e líquidos)

Resumo

Os plásticos são uma parte significativa dos resíduos sólidos, representando um desafio ambiental devido à sua resistência à degradação natural. A problemática do acúmulo de resíduos plásticos, que constitui um dos principais desafios ambientais contemporâneos, devido à sua resistência à degradação natural. A biotecnologia é apresentada como uma ferramenta crucial para enfrentar esse desafio, oferecendo soluções que incluem o desenvolvimento de microrganismos e enzimas capazes de degradar plásticos de maneira eficiente, além da produção de bioplásticos derivados de fontes renováveis, como biomassa. Esses bioplásticos são uma alternativa mais sustentável aos plásticos convencionais, pois possuem a capacidade de se decompor naturalmente, reduzindo o impacto ambiental. A pesquisa se concentra no município de Capanema, no estado do Pará, onde a gestão inadequada desses resíduos tem causado poluição significativa nos ecossistemas locais. O objetivo deste trabalho propõe investigar as possibilidades de utilização da biotecnologia para enfrentar o problema dos resíduos plásticos em Capanema-PA, destacando o potencial dessa ciência em promover práticas de gestão mais sustentáveis, alinhadas aos princípios de economia circular e desenvolvimento sustentável. A pesquisa também enfatiza a relevância da economia circular, um modelo econômico que promove a reutilização, reciclagem e reintegração dos resíduos na cadeia produtiva, diminuindo a dependência de recursos não renováveis e fomentando práticas de gestão de resíduos mais sustentáveis.

Palavras-chave: Microrganismos; Bioplásticos; Biomassa.

Orientação: Prof. Dr. Williams Jorge da Cruz Macedo, williamsmacedo@yahoo.com.br

¹ Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis, Universidade Federal Rural da Amazônia, cacamoraes998gmail.com.

² Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis, Universidade Federal Rural da Amazônia, ambiental.lorenamaciel@gmail.com.

⁴ Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis, Universidade Federal Rural da Amazônia, tharcisiofernandes81@gmail.com.

⁵ Aluno do Curso de Graduação em Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia, Viclorenzo2004@gmail.com.

⁶ Prof. Dr. Williams Jorge da Cruz Macedo, Universidade Federal Rural da Amazônia, williamsmacedo@yahoo.com.br.

INTRODUÇÃO

O acúmulo de resíduos plásticos representa um dos maiores desafios ambientais da atualidade, devido à sua resistência à degradação natural e à gestão inadequada que resulta em poluição significativa de ecossistemas terrestres e aquáticos. No contexto do município de Capanema, no estado do Pará, esse problema ganha proporções alarmantes, exigindo a implementação de soluções inovadoras que conciliem desenvolvimento econômico e conservação ambiental.

A biotecnologia surge como uma ferramenta crucial na busca por soluções sustentáveis para a mitigação dos impactos dos resíduos plásticos (Silva, 2017). Através da aplicação de processos biotecnológicos, é possível desenvolver microrganismos e enzimas capazes de degradar plásticos de maneira mais eficiente, além de criar alternativas como bioplásticos, derivados de fontes renováveis, que oferecem uma decomposição mais rápida e reduzem a dependência de recursos fósseis. O objetivo deste trabalho propõe investigar as possibilidades de utilização da biotecnologia para enfrentar o problema dos resíduos plásticos em Capanema-PA, destacando o potencial dessa ciência em promover práticas de gestão mais sustentáveis, alinhadas aos princípios de economia circular e desenvolvimento sustentável variáveis teóricas do estudo.

História

A jornada da biotecnologia se estende por milhares de anos e, que até hoje continua em constante evolução, moldando o mundo que nos rodeia e fornecendo soluções inovadoras para desafios complexos. Sua origem remonta a séculos atrás, quando os nossos antepassados começaram a utilizar processos biológicos de fermentação para produzir alimentos como pão, cerveja e queijo.

Estes primeiros exemplos de biotecnologia foram cruciais para a sobrevivência e o desenvolvimento da humanidade (Bud, 1993). No entanto, foi só no século XX que a biotecnologia começou a desenvolver-se como um tópico científico distinto. Um marco importante foi a descoberta da estrutura do DNA por James Watson e Francis Crick em 1953, que abriu as portas para a manipulação genética e a engenharia genética (Bennett & Chung, 2001). Esse acontecimento permitiu que os cientistas manipulassem e reorganizassem os genes de organismos vivos, levando ao desenvolvimento de técnicas como a clonagem, a produção de proteínas recombinantes e a criação de organismos geneticamente modificados (OGMs). Essas atividades revolucionaram a medicina, a agricultura e muitos outros campos.

O rápido progresso da biotecnologia, por outro lado, apresenta dilemas complexos em termos de ética, legalidade e implicações sociais. O debate contínuo e intenso em torno dos OGMs serve como um excelente exemplo, pois abrange preocupações relativamente à segurança do nosso abastecimento alimentar, às consequências ambientais e à proteção dos direitos de propriedade intelectual. Com a chegada do século XXI, o campo da biotecnologia está a experimentar um crescimento e uma diversificação notáveis, aventurando-se em novos domínios como a biologia sintética, a medicina regenerativa e a edição genética. O potencial da biotecnologia no futuro é indispensável, pois apresenta perspectivas importantes para o combate contra fontes poluidoras, e isto significa muito para a humanidade (Doudna e Sternberg, 2017).

Sustentabilidade

O conceito de desenvolvimento sustentável abrange um conjunto de princípios relativos à utilização de recursos com o objetivo de satisfazer as necessidades humanas. Em 1987, o termo foi cunhado no Relatório Brundtland das Nações Unidas, ou seja, o desenvolvimento sustentável foi definido como o desenvolvimento que permite a satisfação das necessidades presentes, resguardando ao mesmo tempo a capacidade das gerações futuras de usufruir de maneira irresponsável, fazendo com que só suas necessidades sejam satisfeitas. É necessária a consideração da sustentabilidade ambiental, econômica e sociopolítica. Especificamente, no que diz respeito ao ambiente como um todo. No entanto, é fundamental ter cautela para garantir a sua existência continuada.

Portanto, a presença da sustentabilidade econômica e sociopolítica depende da manutenção da sustentabilidade ambiental. Incorporar a conservação ambiental na política de desenvolvimento do país é crucial, com o entendimento de que a responsabilidade não pode ser assumida apenas por um único indivíduo ou governo (Torresi et al. 2010).

Resíduos Sólidos e Resíduos Plásticos

De acordo com o Conselho Nacional de Resíduos Sólidos (CONAMA), são materiais gerados pelas atividades humanas que são descartados por não terem mais utilidade imediata. Esses resíduos podem incluir qualquer coisa, desde embalagens, resíduos de alimentos, papel, plástico, vidro, metal até resíduos perigosos, como produtos químicos e eletrônicos. A gestão adequada dos resíduos sólidos é fundamental para proteger o meio ambiente e a saúde pública. Nesse sentido, as leis sobre resíduos sólidos desempenham um papel crucial na regulação e organização das práticas de coleta, transporte, tratamento e disposição final dessas substâncias. Estas leis sobre resíduos sólidos variam de país para país, mas geralmente estabelecem diretrizes de classificação de resíduos, responsabilidades do gerador, regras de coleta seletiva, padrões de gestão de aterros e incineração, incentivos à reciclagem e penalidades para descarte inadequado.

No Brasil, a gestão de RS é conduzida pela Lei nº 12.305, de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), sendo a responsável por apresentar todas as orientações. Apesar disso, existem acordos e convenções internacionais que visam promover práticas sustentáveis de gestão de resíduos, como a Convenção de Basileia sobre o controle dos movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos e sua eliminação e o Protocolo de Quioto sobre o incentivo aos movimentos transfronteiriços de resíduos e sua eliminação. Reduzir as emissões de gases com efeito de estufa, incluindo as provenientes da gestão de resíduos (Ferreira, 1995).

A evolução das leis e regulamentos relativos aos resíduos sólidos reflete o foco crescente na sustentabilidade e a necessidade de promover uma economia circular, na qual os resíduos sejam reduzidos, reutilizados, reciclados e reintegrados de forma responsável na cadeia produtiva (Sousa, 2019).

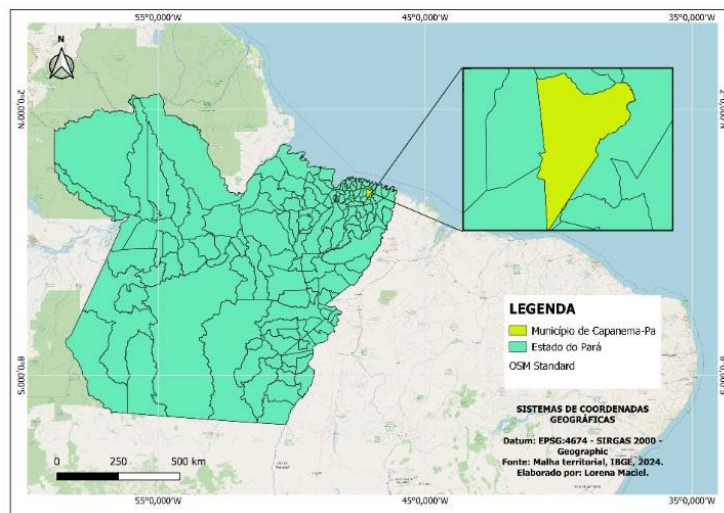
Portanto, uma combinação de legislação eficaz, sensibilização pública e investimento em tecnologias sustentáveis é crucial para enfrentar os desafios relacionados com os resíduos sólidos e garantir um futuro mais limpo e saudável para as gerações futuras. No entanto, ao integrar a biotecnologia na gestão de resíduos plásticos, é possível avançar em direção a práticas mais sustentáveis, promovendo a economia circular e reduzindo a dependência de recursos não renováveis. Além disso, a pesquisa em biotecnologia pode contribuir para a criação de processos de reciclagem mais eficientes e para a valorização de resíduos plásticos como matéria-prima para novos produtos, fomentando a sustentabilidade em toda a cadeia de produção.

Em resumo, a relação entre plásticos, resíduos sólidos, biotecnologia e sustentabilidade destaca a importância de abordagens inovadoras e interdisciplinares para enfrentar os desafios ambientais associados aos resíduos plásticos, visando a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento de uma sociedade mais sustentável.

METODOLOGIA

O desenvolvimento do trabalho aconteceu em Capanema, onde está localizada no Estado do Pará (figura 1), no qual pertence à mesorregião do Nordeste Paraense e à microrregião Bragantina. A sede municipal tem as seguintes coordenadas geográficas: 01° 11'45" de latitude Sul e 47° 10'51" de longitude a Oeste de Greenwich. O município se estende por 621.483 km² e conta com 70.394 habitantes, de acordo com o registro do último censo de 2022. Representando um aumento de 10,61% em relação ao censo de 2010, onde a cidade continha uma população de 69.431 nativos. De acordo com o IBGE (2010), Capanema possui ainda uma densidade demográfica de 113,27 habitantes por km² e apresenta um clima equatorial.

Figura 1- Mapa de localização do município de Capanema-PA.



Fonte: Autora, 2024.

Foi aplicado um questionário via formulário online criado pela plataforma “*Google Forms*” da *Google*, onde cerca de 50 pessoas preencheram. As perguntas puderam ser respondidas de acordo com a vivência de cada um totalizando 11 perguntas, divididas em 8 de múltipla escolha e três dissertativas. Tiveram como intuito averiguar os hábitos e práticas que tangem as escolhas diárias em relação à utilização das sacolas plásticas do município. E também, os conhecimentos sobre a lei dos resíduos sólidos pelos participantes. O sexo daqueles que preencheram o formulário estava proporcional, não havendo discrepância significativa, com as pessoas do sexo masculino e nem feminino, sendo que os homens tiveram uma participação ligeiramente maior, contando com 54,6% do total de participantes, com 24 membros, enquanto o grupo feminino composto por 45,4% do total, com 20 indivíduos, havendo uma pequena diferença de 9,2% entre os dois grupos.

A faixa etária de 21 a 28 anos de idade foi a que mais se destacou, representando uma enorme fatia de 65,9% do total, em que os participantes com 24 anos representando 11,6% desse grupo, com 5 indivíduos. Os outros 28,3% do número total de participantes são subdivididos em 16,8% e 11,5%, que

são as faixas etárias de pessoas com mais de 30 anos e com idades entre 18 e 20 anos (uma média de idade de 1 participante com idade superior a 30 anos e 1,5 participante com idades entre 18 e 20 anos). Quanto ao grupo dos jovens que acabaram de fazer 18 anos e tem até 20 anos, não se tem como analisar o perfil deles, visto que compõem o menor grupo do total dos que participaram da pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com análises da pesquisa, a tabela 1 avalia os hábitos de consumo e a percepção sobre o impacto ambiental dos plásticos. A maioria dos participantes demonstrou preocupação com o acúmulo de resíduos plásticos e seu impacto ambiental, refletindo uma crescente conscientização sobre a crise climática e a importância da sustentabilidade.

Tabela 1 – A tabela apresenta as faixas etárias, a quantidade de pessoas em cada faixa e o percentual correspondente em relação ao total de respondentes.

Quantidade de Pessoas	Idade dos Participantes	Percentual (%)
29	18 a 25	56,5
10	26 a 30	16,8
11	32 a 52	26,7

Fonte: Autores, 2024.

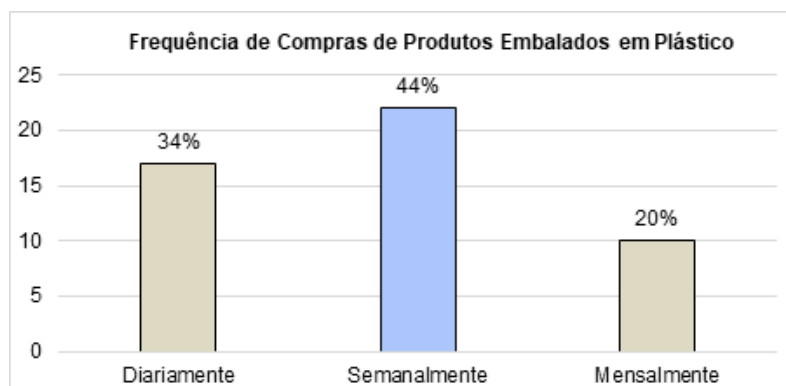
Uma das perguntas que a pesquisa buscava avaliar era a percepção das pessoas sobre os impactos ambientais do uso excessivo de plástico. Os resultados revelaram uma consciência significativa sobre a importância da questão, com 93,8% dos respondentes afirmando que é importante fazer a coleta seletiva. No entanto, as opiniões minoritárias também trouxeram perspectivas relevantes. 2,1% dos participantes consideraram que o uso excessivo de plástico não é importante, enquanto outros 2,1% reconheceram que pode trazer complicações ao meio ambiente.

Algumas respostas mais específicas, cada uma representando 2,1% das opiniões, destacaram que os resíduos plásticos acumulados hoje continuarão a afetar o meio ambiente por muitas gerações, e que eles impactam na teia alimentar, sufocando e contaminando animais e plantas.

Esses resultados indicam uma consciência geral sobre a importância da reciclagem, mas também sugerem que há espaço para uma compreensão mais profunda dos impactos de longo prazo e dos efeitos específicos do plástico no meio ambiente.

Conforme a figura 1, refere-se à primeira pergunta feita aos participantes, e também nos mostra com que frequência eles realizam compras de produtos embalados em plástico, as quatro alternativas eram “semanalmente” com 39,5% das respostas, “todos os dias” com 34,9% das respostas, “mensalmente” com 16,3% e “outros”, que refere aqueles que não apresentam regularidade na compra de produtos com plástico, com 9,3% das respostas. Em consonância a isso, o segundo gráfico mostra que há uma alta correlação entre os três primeiros grupos que juntos somam 39 pessoas (que são aquelas que realizam compras de produtos com plástico de modo regular) com as que mais acumulam plástico em sua residência, representando 76% do que é mais consumido, estando nas demais colocações garrafas pets e vasilhas plásticas, com ambas representando 7% do que é consumido pela maioria dos usuários, os outros 9,3% se subdividem entre alimentos, embalagens e muito mais, evidenciando que há uma grande prioridade no que se vai comprar para a residência dessas pessoas, sendo itens em sua maioria alimentícios, indispensáveis no dia-a-dia.

Figura 1: Frequência de compras de produtos embalados com plástico.

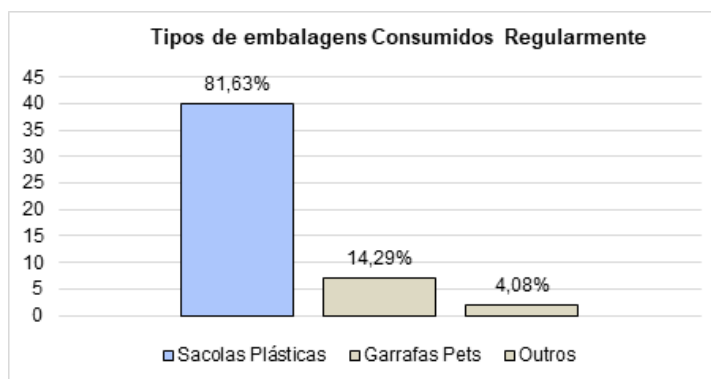


Fonte: Autores, 2024.

Na figura 2, 81,63% dos moradores do município de Capanema utilizam sacolas plásticas em abundância em relação a outros materiais como garrafas pets, as quais chegam em 14,29%. Segundo o Instituto Socioambiental dos Plásticos (Plastivida), estima-se que a sociedade brasileira utiliza mais de

60 sacolas plásticas por pessoa em um único ano, o que faz o produto torna-se pioneiro não somente a nível municipal como também nacional.

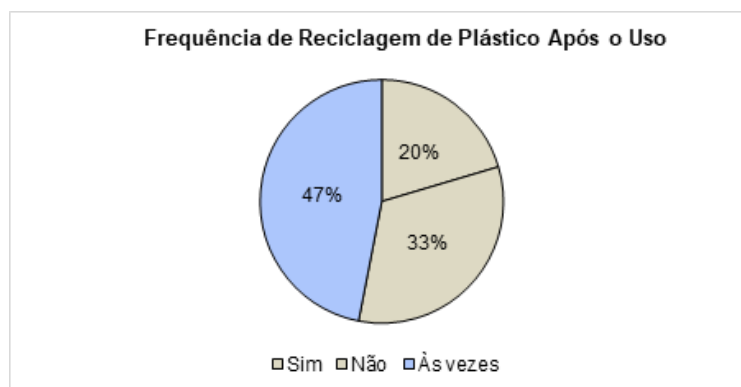
Figura 2: Frequência de embalagens consumidas regularmente pelos respondentes.



Fonte: Autores, 2024.

Por mais que o uso do plástico seja excessivo entre o público da pesquisa, nota-se na figura 3 que 47% dos entrevistados alegam realizar a reciclagem após o uso do material. Segundo o Jornal da USP (2024), 1,3% do plástico é reciclado no Brasil, o que de forma insatisfatória representa um quantitativo bem menor em relação ao número consumido no dia a dia do país.

Figura 3: Frequência de reciclagem do material plástico após o seu uso.



Fonte: Autores, 2024.

Os resultados apresentados na figura 4 mostram que 53% do público estudado adotam medidas para reduzir o consumo de plástico em alguns momentos do cotidiano, enquanto que 31% não aderem a esses parâmetros da pesquisa.

Figura 4: Frequência mostrando o percentual que os respondentes utilizaram para reduzir o consumo de plástico no dia-a-dia.



Fonte: Autores, 2024.

Um destaque importante sobre este formulário foi para a referente pergunta: “O que você acha que poderia ser feito para reduzir o uso de plástico em Capanema?”. Aqui, buscou-se identificar possíveis soluções propostas pelos participantes quanto ao destino que o plástico deve ter. As respostas revelaram vários pontos comuns, com a maioria sugerindo o desenvolvimento de políticas municipais que promovam a reutilização de plástico, vidro e outros materiais não perecíveis, criando novas funções sociais e produtivas, o que poderia também estimular a economia local.

Segundo a PUC-MINAS (2015), embora poucos tenham mencionado incentivos financeiros para a coleta seletiva, essa proposta foi destacada como um possível catalisador de engajamento. Outro ponto importante levantado foi a substituição gradual das sacolas plásticas por alternativas menos poluentes, como papel e tecido, apoiada por campanhas educativas. Os entrevistados também ressaltaram o papel central da universidade na conscientização sobre práticas de uso e reuso, especialmente nas áreas com menor acesso a coleta regular e saneamento.

A organização de eventos comunitários, como limpezas públicas e feiras de sustentabilidade, foi vista como uma forma eficaz de engajar a comunidade, sendo sugerida a participação de lideranças locais para garantir a continuidade dessas ações.

CONCLUSÕES

Conclui-se que, para que essas soluções sejam eficazes, é necessário um esforço conjunto entre governos, empresas, comunidades e instituições de pesquisa. Políticas públicas adequadas e incentivos são essenciais para estimular a adoção de práticas sustentáveis. Além disso, a conscientização da população sobre os impactos dos resíduos plásticos e a importância da reciclagem é fundamental para a implementação de uma gestão de resíduos eficiente e sustentável.

Em suma, o trabalho propõe que a integração entre biotecnologia e sustentabilidade na gestão de resíduos plásticos em Capanema-PA pode transformar desafios ambientais em oportunidades, contribuindo para um futuro mais limpo e verde.

REFERÊNCIAS

BENNETT, J. W; CHUNG, K. T. Alexander Fleming and the *discovery of penicillin*. **Advances in Applied Microbiology**, v.49, p.163-84, 2001.

Bud, R. (1993). *The Uses of Life: A History of Biotechnology*. Cambridge University Press.

BRASIL. **Lei. 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e das outras providências. Brasília: DOU, 2010.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução de n. 5, de 5 de agosto de 1993**. Publicada no DOU n. 166, de 31 de agosto de 1993, seção 1, páginas 12996-12998. Brasília: CONAMA, 1993.

DOUDNA, J.; Sternberg, S. ***A Crack in Creation: Gene Editing and the Unthinkable Power to Control Evolution***. Houghton Mifflin Harcourt, 2017.

FERREIRA, J. A.; ANJOS, L. A. Aspectos de saúde coletiva e ocupacional associados à gestão dos resíduos sólidos municipais. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 17, p. 689-696, 2001.



JORNAL DA USP. **Apenas 9% do plástico global é reciclado; no Brasil, a porcentagem é ainda menor.** 2024. Disponível em: <https://jornal.usp.br/radio-usp/apenas-9-do-plastico-global-e-reciclado-no-brasil-porcentagem-ainda-e-menor/>. Acesso em: 03 de set. de 2024.

PLASTIVIDA. **Plastivida: juntos somos mais sustentáveis.** 2023. Disponível em: <http://www.plastivida.org.br/index.php/busca?searchword=60%20sacolas%20pl%C3%A1sticas&ordering=newest&searchphrase=all&lang=pt>. Acesso em: 03 de set. de 2024.

PUC MINAS. **Incentivo à Coleta Seletiva.** 2015. Disponível em: <https://revista.pucminas.br/revista/materia/incentivo-a-coleta-seletiva/>. Acesso em: 4 set. 2024.

SILVA, L. **Indicadores de gestão de resíduos sólidos urbanos: uma visão voltada à sustentabilidade.** 2017. 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, 2017.

SOUSA, M. S. Indicadores Ambientais de Resíduos Sólidos Urbanos Associados a Melhoria das Políticas Públicas. **Revista Gestão & Sustentabilidade**, Florianópolis, v.8, n.3, p.707-724, 2019.

TORRESI, S. I. C.; FERREIRA, V. F.; PARDINI, V. L.; O que é sustentabilidade. **Química Nova**, v. 33, p. 5, 2010.