

CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES SUSTENTÁVEIS DO SISAL E DE SEUS DERIVADOS

Gustavo Teotônio de Oliveira Cavalcante ¹
Hermes Alves de Almeida ²

RESUMO

A preocupação com a degradação do meio ambiente, presente nos diversos embates nacionais e internacionais que analisam o assunto, é um indicativo da prioridade em se buscar e executar alternativas que consigam ao menos mitigar essa problemática, sem que as necessidades da sociedade atual deixem de ser satisfeitas. Nesse sentido, o sisal que é uma planta que possui diversas utilizações e características sustentáveis pode contribuir positivamente e ser uma dessas alternativas. O objetivo deste artigo é identificar os principais aspectos e aplicações sustentáveis do sisal, a partir da análise de diversos estudos realizados sobre esse tema. Para isso, foi realizada uma pesquisa bibliográfica em três bases de dados (Google Acadêmico, Science Direct e Periódicos Capes) através de cinco descritores. Vinte e sete estudos foram utilizados, sendo apenas um deles um livro. Os trabalhos deveriam analisar alguma característica e/ou aplicação sustentável do sisal e, prioritariamente, ser empírico ou estar baseado em dados ou outros estudos empíricos. A pesquisa foi dividida em duas análises, na qual uma delas abordou as características sustentáveis próprias do sisal e de seu cultivo, e a outra verificou suas aplicações que de alguma forma contribuem para a diminuição dos impactos ambientais. Os resultados mostram que o sisal necessita de pouca ou nenhuma utilização de substâncias poluentes (fertilizantes, agrotóxicos etc.), quase não existe irrigação nas plantações, além de substituir diversos materiais sintéticos na indústria automobilística, em compósitos poliméricos, em substratos comerciais e na construção civil, possibilitando redução dos impactos ambientais quando do descarte ou da reutilização desses produtos.

Palavras-chave: Sisal, Sustentabilidade, Desenvolvimento, Aplicações Sustentáveis.

INTRODUÇÃO

No que pese o número elevado de debates, nos últimos anos, que giram em torno das preocupações com as questões ambientais, tornou-se imprescindível a busca por alternativas que alinhem desenvolvimento e sustentabilidade. Nesse sentido, considerando as características peculiares do semiárido nordestino, o sisal apresenta-se como uma alternativa para a busca por esse alinhamento, tendo em vista a sua adaptabilidade satisfatória à boa parte da região nordestina e os seus aspectos sustentáveis, os quais se pretende abordar e desenvolver de maneira analítica neste trabalho.

O sisal ou *agave sisalana* (família *Asparagaceae*) é uma planta que teve sua origem no México, na Península de Yukatan (DIAS et al., 2015) e é a partir do desfibramento de suas

¹ Mestrando em Desenvolvimento Regional da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, gustavotoc50@gmail.com;

² Doutor em Agronomia pela Faculdade de Ciências Agrônomicas, hermes_almeida@uol.com.br.

folhas que se é produzida uma das fibras naturais mais importantes para o Brasil em termos de produção. Apenas a partir dos anos 1940, momento em que se vivia a Segunda Guerra Mundial e havia uma necessidade maior por fibras naturais na indústria naval, é que ocorre um crescimento da importância econômica da cultura do sisal, apesar de sua introdução no Brasil ter acontecido bem antes, no início do século XX (MACHADO, 2006).

A partir do momento em que as fibras sintéticas são introduzidas no mercado e tendo em vista um cenário de economia globalizada, a cultura do sisal passa por um momento difícil na década de 1980 por conta da alta concorrência e queda nos preços, iniciando-se um processo de reestruturação apenas nos anos 1990 (SANTOS; SILVA, 2017). É relevante destacar também que, de acordo com Cabral (2016, p. 396), “na presente conjuntura há uma expectativa de expansão da produção de sisal, conforme preconizado pela Câmara Setorial de Fibras Naturais da Bahia, como também pelo Ministério da Agricultura (...)”, o que pode ser um indicativo do potencial econômico que o sisal ainda possui.

No que se refere a uma perspectiva sustentável, o sisal possui diversas utilizações que buscam conferir um melhor desempenho a produtos e menores impactos ao meio ambiente, além de constituir-se como uma fibra natural com diversas outras características que serão analisadas neste trabalho. Scopel et al. (2013) destacam o potencial socioeconômico do sisal para o Brasil e sua viabilidade como substituta de diversas fibras sintéticas, com o intuito de proporcionar maior sustentabilidade a diversos produtos nos quais é empregado.

O Brasil destaca-se como um dos maiores produtores mundiais de sisal. De acordo com o último Censo Agropecuário, que foi realizado em 2017 pelo IBGE e que levou em consideração apenas estabelecimentos agropecuários com 50 pés ou mais, o país produziu 35.717,316 toneladas de fibra e 13.703,182 toneladas de folhas de sisal, entre o período de 1º de outubro de 2016 e 30 de setembro de 2017 (IBGE, 2017). Deve-se destacar que esses valores não condizem com a produção real de sisal no Brasil, tendo em vista que os estabelecimentos com menos de 50 pés que cultivam a planta não foram considerados nesse estudo realizado pelo IBGE.

Entre os estados que se destacam nessa cultura é possível citar a Bahia e a Paraíba que atualmente lideram a produção do país. O primeiro é o maior produtor brasileiro de sisal e foi responsável pela produção de 34.840,499 toneladas de fibras e 13.399,022 toneladas de folhas de sisal (IBGE, 2017). O segundo destacou-se como maior produtor da planta até os anos 1960, quando foi ultrapassado pela Bahia (DIAS et al., 2015). Sua produção, de acordo com o Censo Agropecuário de 2017, foi de 602,241 toneladas de fibra de sisal e 91,620 toneladas de folha de sisal (IBGE, 2017).

Vale ressaltar, assim, que essa planta conseguiu se adaptar satisfatoriamente ao clima e ao solo de parte da região nordestina e se tornou uma alternativa de renda principalmente para pequenos produtores rurais, destacando-se principalmente a região baiana conhecida como “Território do Sisal”. Segundo o CODES – Sisal (Conselho de Desenvolvimento Rural Sustentável da Região Sisaleira), esse território é constituído de 20 municípios baianos que estão localizados no nordeste do estado (SILVA; SANTOS, 2010).

Diante desse cenário e tendo em vista a necessidade da valorização de alternativas que corroborem para o desenvolvimento sem que as questões ambientais sejam deixadas de lado, coloca-se o seguinte questionamento: quais as principais características sustentáveis presentes na cultura do sisal e quais as suas principais aplicações reduzem os impactos ambientais? O presente artigo tem o objetivo de identificar os principais aspectos e aplicações sustentáveis do sisal, a partir da análise de diversos estudos realizados sobre esse tema. É importante destacar que não será desenvolvida nenhuma análise detalhada sobre os aspectos econômicos que envolvem a produção de sisal, tendo em vista o foco principal desta pesquisa ser uma análise das questões ambientais que envolvem essa cultura.

Na seção a seguir, ressaltam-se todos os procedimentos metodológicos utilizados neste trabalho e como os estudos aqui analisados foram escolhidos a fim de se cumprir o objetivo proposto. Além disso, demonstra-se também toda a maneira como este artigo foi organizado, com o intuito de tornar mais didática a sua compreensão.

METODOLOGIA

Este trabalho consiste em uma pesquisa bibliográfica com o fito de verificar o que já foi identificado em outros estudos que buscaram analisar os aspectos e aplicações sustentáveis em torno da cultura do sisal. Foram identificados os principais estudos sobre o tema e analisados os seus respectivos resultados a fim de se observar todos os aspectos sustentáveis relacionados ao sisal.

Para isso, foram utilizadas as seguintes bases de dados na internet: Periódico CAPES, Science Direct e Google Acadêmico. Da mesma forma, foram utilizados dados de pesquisas de instituições governamentais, além de livros que continham pesquisas sobre a problemática aqui apresentada. A busca pelos estudos utilizados nas análises contidas neste trabalho foi realizada no mês de outubro de 2019.

Outrossim, na pesquisa por esses estudos, foram utilizados os seguintes descritores nas bases de dados citadas acima: “Sisal e sustentabilidade”, “Fibras naturais e sustentabilidade”,

“Aplicações sustentáveis do sisal”, “Aspectos sustentáveis do sisal” e “Sisal e compósitos”. Foram encontrados e utilizados nas análises desenvolvidas no tópico a seguir vinte e sete (27) estudos, dos quais dezenove (19) são em língua portuguesa e oito (8) são em língua inglesa. Para a escolha dessas pesquisas, foram utilizados os seguintes critérios: o trabalho deveria abordar características e/ou aplicações sustentáveis relacionadas ao sisal, além de se ter dado prioridade para estudos empíricos ou que estivessem embasados em outros estudos ou dados empíricos.

Além disso, este trabalho está organizado da seguinte forma: A seção seguinte (Resultados e Discussão) será desenvolvida em cima de dois pilares principais (características e aplicações sustentáveis) a fim de se discutir e analisar os resultados obtidos nesta pesquisa. A partir do primeiro pilar, serão analisados os aspectos sustentáveis do sisal e, a partir do segundo pilar, serão abordadas as suas diversas utilizações sustentáveis; Por fim, na última seção (Considerações Finais), será apresentado um fechamento sobre as discussões aqui desenvolvidas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicia-se esta análise pelo primeiro pilar a ser examinado: os aspectos ou características sustentáveis da cultura do sisal. Em primeiro lugar, é importante destacar o fato de que o sisal, como uma fibra natural, concorre diretamente com as fibras sintéticas. Um dos principais motivos que levarão a cultura do sisal a entrar em crise na década de 1980, foi a introdução de fibras sintéticas, principalmente desenvolvidas a partir do petróleo. Com a globalização da economia, a fibra do sisal não conseguiu competir com esse tipo de fibra. Apesar disso, tendo em vista uma maior preocupação com impactos ambientais presente nos últimos anos, uma tendência de substituição de fibras sintéticas por fibras naturais passa a ser levada em consideração (VENTURA, 2009).

Corroborando com esse fato, é possível destacar que “a utilização total ou parcial de fibras vegetais como substitutas de diversos produtos sintéticos ou outras fibras minerais têm apresentado um grande potencial de aplicação tecnológica” (OASHI, 1999, p. 126). Tendo em vista os impactos causados no desenvolvimento e utilização de fibras sintéticas, destaca-se uma primeira característica sustentável da fibra do sisal que é o fato de ela ser uma fibra natural, necessitando de menos tempo para ser absorvida pelo meio ambiente e causando menor impacto a este quando é descartada.

No que se refere a utilização de fertilizantes, é importante perceber que a cultura do sisal tem sido desenvolvida no semiárido brasileiro há décadas sem a aplicação dessas substâncias que trazem impactos ao meio ambiente. Além disso, em algumas localidades, é possível identificar a aplicação, mesmo que de maneira não constante e pouco tecnológica, de resíduos da própria produção do sisal como fertilização orgânica (SANTOS et al., 2014). Assim, a utilização de fertilizantes nas plantações de sisal não são comuns, constituindo-se em mais uma característica sustentável dessa cultura.

Em relação à sua necessidade hídrica, faz-se necessário perceber que o sisal é uma planta bastante resistente às secas (DIAS et al., 2015), possuindo uma adaptação satisfatória à região semiárida do Brasil. O modo de produção do sisal praticamente não mudou (MACHADO, 2006), de modo que acontece quase como um processo artesanal, em que são raros os casos onde é possível observar algum tipo de irrigação. Apesar da pouca necessidade de água no cultivo, após o desfibramento de suas folhas, as fibras do sisal precisam ser mergulhadas em água para a remoção de alguns resíduos (MAPA, 2008). Nesse sentido, em relação a utilização de água, o processo produtivo do sisal depende quase que exclusivamente das chuvas locais, devendo-se destacar apenas a utilização de recursos hídricos na lavagem da fibra, que é uma das fases de seu processo produtivo e que possui o fito de remover determinados resíduos.

Outra característica do cultivo do sisal é a sua resistência a pragas. Por esse fato, pouco ou nenhum pesticida faz-se necessário para que a produção do sisal obtenha êxito, o que corrobora para uma menor utilização de substâncias poluentes e, conseqüentemente, um menor impacto ambiental dessa cultura. A fim de que essa característica seja melhor compreendida, de acordo com o MAPA (2008), a folha do sisal possui uma epiderme constituída por uma cutícula cerosa e grossa que funciona como uma proteção, o que dificulta a penetração de doenças em sua estrutura. Outrossim, tendo em vista também o seu modo de cultivo tradicional, os pequenos produtores rurais não costumam utilizar substâncias químicas em suas plantações.

Finaliza-se a análise do primeiro pilar do objetivo desta pesquisa e passa-se agora para a análise do segundo ponto a ser verificado: as aplicações sustentáveis da fibra do sisal. Dentro dessa análise, é relevante destacar o que dizem Scopel et al. (2013, p. 514) em relação ao potencial de aplicação sustentável das fibras naturais, colocando o sisal em posição de destaque para o Brasil: “As fibras naturais têm sido pesquisadas e empregadas de maneira crescente no desenvolvimento de produtos com sustentabilidade econômica, social e

ambiental, sendo o sisal uma das mais importantes para o Brasil, pela sua posição de liderança na produção mundial”.

Dessa maneira, percebe-se que ocorre uma tendência de crescimento no desenvolvimento de pesquisas que buscam a substituição de materiais sintéticos por fibras naturais, o que demonstra um maior incremento de características sustentáveis na criação e desenvolvimento de produtos. Nos parágrafos seguintes, serão analisadas várias utilizações da fibra do sisal com o intuito de conferir mais sustentabilidade ambiental a vários itens ou a formas de produção.

Primeiramente, faz-se necessário identificar os produtos mais tradicionais, que são produzidos em quase sua totalidade ou na sua totalidade de composição, a partir das fibras do sisal. Entre esses produtos, é possível destacar principalmente as cordas de sisal, os tapetes, os capachos, as mantas e alguns artesanatos (ANDRADE et al., 2009), além de embalagens e estofos (CABRAL, 2016).

Assim, apesar de esses produtos já serem culturalmente produzidos a partir da fibra do sisal no semiárido nordestino há vários anos, eles podem ser destacados como um diferencial sustentável do sisal, tendo em vista que nos dias atuais esses produtos podem ser desenvolvidos com outros materiais que não são ambientalmente sustentáveis, como por exemplo os produtos produzidos a partir de materiais derivados do petróleo. Isso se dá pelo fato de o sisal ser proveniente de uma fonte renovável e de ser biodegradável (IZQUIERDO; RAMALHO, 2014), o que confere maior sustentabilidade aos produtos nos quais ele é empregado.

Nesse sentido, um aspecto importante a ser destacado é a questão do reaproveitamento dos subprodutos resultantes da produção da fibra do sisal, ou seja, a alocação dos resíduos provenientes do processo produtivo da fibra do sisal para determinados fins, evitando o desperdício ou o tratamento inadequado dessas sobras.

Uma das principais destinações desses resíduos, executadas principalmente por pequenos produtores e que já acontece há algumas décadas, é a alimentação dos animais da própria propriedade rural. Porém, muitas vezes isso acontecia de maneira inadequada, levando vários animais a morte. Assim, é necessário que, após o desfibramento das folhas, os resíduos passem por um processo a fim de que seja retirada a bucha da mucilagem, que é a parte do resíduo que pode causar danos aos animais (OASHI, 1999).

Ainda em relação a reutilização, é relevante perceber que a análise da possibilidade de utilização desses resíduos como substratos agrícolas se mostra como uma importante solução

para que esses subprodutos possam ser reaproveitados de maneira satisfatória, a fim de que os impactos ao meio ambiente sejam mitigados (COSTA et al., 2013).

Dentro dessa perspectiva, o resíduo proveniente do desfibramento da folha do sisal pode ser empregado, por exemplo, na produção de substratos comerciais que são aplicados no desenvolvimento de mudas. É possível observar isso na pesquisa de Silva et al. (2015) que conseguiram confirmar a possibilidade de utilização de resíduos de sisal em um substrato comercial utilizado no desenvolvimento de mudas de jiló e brócolis.

Assim como na produção de substratos comerciais para mudas, os resíduos do sisal também podem ser utilizados como adubo orgânico (MARTIN et al., 2009) em plantações, ou seja, após o estágio de mudas, quando o vegetal já se encontra no campo. Isso pode ser constatado, por exemplo, no estudo de Pereira et al. (2017), em que foi verificado que o resíduo de sisal em determinada proporção no substrato agrícola conseguiu elevar o índice de clorofila e a massa seca total de plantas de feijão-caupi cultivadas em solo de mineração de chumbo.

Ainda em relação à utilização dos resíduos do sisal como adubo orgânico (MAPA, 2008), é relevante destacar também sua utilização por parte de pequenos produtores rurais, que reutilizam o pó proveniente do desfibramento da folha do sisal nas próprias plantações (inclusive de sisal) como forma de repor os nutrientes da terra onde ocorre o cultivo.

Outro setor em que a fibra do sisal é bastante utilizada é a construção civil, o que pode ser explicado principalmente por suas propriedades de resistência, de baixo custo e por ser ambientalmente correto (REIS, 2012). O sisal pode, por exemplo, ser utilizado como compósito, na produção de argamassas e concretos. Dentro dessa análise, faz-se necessário destacar o trabalho de Silva et al. (2010) que conseguiram desenvolver um compósito resistente utilizando fibras de sisal com o intuito de proporcionar maior durabilidade. A fibra de sisal se mostrou eficiente nessa aplicação, porém é importante destacar que a alcalinidade da matriz do cimento traz danos a estrutura do sisal comprometendo a resistência, sendo necessário que a fibra passe um processo anterior que evita que isso ocorra (TOLÊDO FILHO et al., 2000; TOLÊDO FILHO et al., 2003).

Ainda dentro das análises da utilização dos resíduos de sisal na construção civil, é possível identificar também sua aplicação no desenvolvimento de telhas. A pesquisa de Tenoli et al. (2011) mostra bem essa aplicação. Eles compararam telhas corrugadas de cimento amianto, telhas cerâmicas e telhas à base de cimento adicionadas de polpa de celulose de sisal (associadas ou não a fibras sintéticas). Os resultados mostraram que, em temperatura ambiente (25°C), telhas de cimento reforçadas com polpa de sisal possuem as melhores

propriedades térmicas, enquanto, a 60°C, telhas de cimento reforçadas com polpa de sisal e adicionadas de fibras de polipropileno são as mais eficientes no que se refere às propriedades térmicas (TENOLI et al., 2011).

Da mesma maneira, é identificada a utilização de sisal associado ao gesso. Pinto e Carvalho (2018) compararam as propriedades de flexão de gesso sem reforço e de três compósitos de matriz de gesso reforçados de maneiras diferentes com manta de sisal “in natura”. Os resultados mostraram que a fibra é a principal responsável pelo desempenho do material no que diz respeito à resistência (PINTO; CARVALHO, 2018). Já Medeiros (2017) desenvolveu compósitos a partir de gesso adicionado de fibras de sisal e resíduos de papel, objetivando uma maior sustentabilidade do material através da reutilização desses resíduos. Nesse estudo, observou-se que houve perda de algumas propriedades em relação ao gesso puro, porém os aspectos de reutilização de resíduos e redução de custos possibilitam a viabilidade de sua utilização em Drywall em áreas internas (MEDEIROS, 2017).

Mais um setor de destaque que usa o sisal e que pode ser evidenciado é o setor de desenvolvimento de compósitos poliméricos, que o utiliza a fim de proporcionar mais reforço. A partir desse aspecto, é possível destacar o trabalho de Rosário et al. (2011), que compararam a utilização de matriz polimérica reciclada adicionada de resíduos de sisal e sem essa adição. Os resultados mostraram que a primeira demonstrou maior resistência que a segunda, porém a propriedade mecânica “deformação na ruptura” foi afetada negativamente, sendo necessário um tratamento prévio para que isso seja minimizado (ROSÁRIO et al., 2011).

No que se refere ao desenvolvimento de compósitos plásticos, a fibra do sisal também vem sendo pesquisada. Nessa perspectiva, é relevante citar a pesquisa de Scopel et al. (2013), que utilizaram uma metodologia de análise de patentes realizada entre 1960 e 2009 e que identificou a evolução da importância dessa fibra natural como reforço desses compósitos se relacionados a patentes em outros setores tecnológicos.

Ainda em relação às análises referentes a utilização de fibras naturais (inclusive fibras de sisal) em compósitos poliméricos, é relevante destacar o trabalho de Ashori (2008), que demonstrou o potencial dessas fibras para a indústria automobilística. Seus resultados identificaram que compósitos que associam fibras vegetais e termofixos ou termoplásticos são promissores como um material mais sustentável e biodegradável, a além de se obter maior durabilidade e resistência. Apesar disso, elas possuem uma característica de forte polaridade que ocasiona certa incompatibilidade com grande parte das matrizes poliméricas, necessitando assim de um tratamento prévio para mitigar esse problema (ASHORI, 2008).

Além disso, é possível verificar a aplicação de fibras de sisal no desenvolvimento de compósitos de matriz geopolimérica. A pesquisa de Correia (2011) comparou o desempenho desses compósitos associados à fibra vegetal de banana e à fibra vegetal de sisal. Os resultados mostraram que ambas as associações apresentaram desempenho melhor que o da matriz sem reforço. Apesar de o compósito com fibra vegetal de banana ter apresentado alguns resultados superiores em relação ao do compósito com fibra de sisal, boa parte desses apresentaram desempenhos semelhantes, demonstrando a viabilidade do procedimento (CORREIA, 2011).

Outrossim, é relevante citar a utilização da fibra do sisal no desenvolvimento de materiais compósitos empregados no desenvolvimento de itens utilizados na engenharia naval. Nesse sentido, o trabalho de Nicolai (2007) pode ser destacado. Ele analisou a aplicação de fibras naturais de sisal e coco e fibras de vidro como reforço de materiais compósitos de matriz estervinílica, utilizados na engenharia naval, mais especificamente, no design (NICOLAI, 2007).

Alguns trabalhos citam também a possibilidade de utilização de fibras naturais na indústria aeroespacial (IZQUIERDO; RAMALHO, 2014; SILVA, 2010). Dentro dessa perspectiva, vale destacar a pesquisa de Scarponi e Andreotti (2009), que compararam fibras naturais (inclusive a fibra de sisal) com fibras de vidro, aço e alumínio, desenvolvendo uma análise dos seus custos de vida. Os resultados identificaram que a substituição desses materiais por fibras naturais proporcionam redução dos custos do ciclo de vida e menor impacto ambiental. Scarponi e Andreotti (2009) ressaltam também a viabilidade de sua aplicação na indústria aeroespacial, tendo em vista a grande importância da economia de peso no desenvolvimento de aeronaves.

Por fim, faz-se necessário destacar também a sua utilização na indústria da celulose (CABRAL, 2016). Dentro desse campo, faz-se necessário destacar o estudo de Almeida (2009), que conseguiu desenvolver um filme de maior resistência e melhores propriedades mecânicas a partir da associação de celulose de sisal e quitosana, se comparado com o filme de quitosana, levantando-se a hipótese de sua utilização na indústria como embalagem de alimentos.

Finalizando esta análise, com o intuito de organizar e sistematizar as características e aplicações sustentáveis identificadas em estudos empíricos ou em estudos baseados em outros estudos empíricos, apresenta-se a tabela a seguir (Tabela 1) que mostra o material derivado da planta ou a própria planta, a sua característica ou aplicação sustentável identificada e sua

respectiva fonte bibliográfica. A tabela está dividida em três colunas de maneira que seja possível perceber cada resultado encontrado nesta pesquisa bibliográfica.

Tabela 1 – Relação de derivados do sisal com suas respectivas características/aplicações sustentáveis e fontes bibliográficas.

Derivado do sisal (ou a própria planta)	Características ou aplicações sustentáveis	Fontes bibliográficas
Planta	Substituta de fibras sintéticas	(VENTURA, 2009).
Planta	Fibra natural (menor impacto ambiental)	(OASHI, 1999)
Planta	Resistentência a pragas (menor necessidade de pesticidas etc)	(MAPA, 2008)
Resíduos do sisal	Fertilizante orgânico (menor necessidade de fertilizantes sintéticos)	(SANTOS et al., 2014)
Planta	Resistência às secas (baixa necessidade hídrica)	(DIAS et al., 2015)
Planta	Cultivado de maneira tradicional (quase não há cultivo com irrigação)	(MACHADO, 2006)
Planta	Fonte renovável e biodegradável	(IZQUIERDO; RAMALHO, 2014)
Fibra do sisal	Aplicação em diversos produtos com sustentabilidade	(SCOPEL et al., 2013)
Fibra do sisal	Cordas de sisal, tapetes, capachos, mantas e artesanatos	(ANDRADE et al., 2009)
Fibra do sisal	Embalagens e estofos	(CABRAL, 2016).
Resíduos do sisal	Alimentação animal	(OASHI, 1999)

	(necessária a retirada da bucha)	
Resíduos do sisal	Substrato agrícola	(COSTA et al., 2013)
Resíduos do sisal	Substrato agrícola	(PEREIRA et al. 2017)
Resíduos do sisal	Substrato comercial para mudas	(SILVA et al., 2015)
Resíduos do sisal	Adubo orgânico para plantações (inclusive do próprio sisa)	(MARTIN et al., 2009)
Fibra do sisal	Construção civil	(REIS, 2012)
Fibra do sisal	Produção de argamassas e concretos	(SILVA et al., 2010)
Fibra do sisal	Produção de argamassas e concretos (necessidade de tratamento prévio)	(TOLÊDO FILHO et al., 2000; TOLÊDO FILHO et al., 2003)
Resíduos do sisal	Desenvolvimento e produção de telhas	(TENOLI et al., 2011)
Fibra do sisal	Desenvolvimento e aplicação em gessos	(PINTO; CARVALHO, 2018)
Fibra do sisal	Desenvolvimento e aplicação em gessos (associado a resíduos de papel)	(MEDEIROS, 2017).
Resíduos do sisal	Desenvolvimento de compósitos poliméricos (necessidade de prévio tratamento)	(ROSÁRIO et al., 2011)
Fibra do sisal	Desenvolvimento de compósitos plásticos	(SCOPEL et al., 2013)
Fibra do sisal	Desenvolvimento de partes de carros na indústria automobilística	(ASHORI, 2008).
Celulose do sisal	Aplicação no	(CABRAL, 2016)

	desenvolvimento de produtos na indústria da celulose	
Celulose do sisal	Aplicação no desenvolvimento de produtos na indústria da celulose (filme)	(ALMEIDA, 2009)
Fibra do sisal	Compósitos de matriz geopolimérica	(CORREIA, 2011)
Fibra do sisal	Materiais compósitos (design na engenharia naval)	(NICOLAI, 2007).
Fibra do sisal	Indústria aeroespacial	(SCARPONI e ANDREOTTI, 2009)

Fonte: Elaborada pelo autor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante de tudo o que foi apresentado nesta pesquisa é possível perceber o amplo campo de utilização do sisal como um elemento que proporciona mais sustentabilidade a vários produtos. Principalmente nos dias atuais, em que as preocupações com as questões ambientais e a busca pela garantia da disponibilidade de recursos naturais para as gerações futuras são colocadas como prioridades, elementos biodegradáveis e ecologicamente corretos são constantemente pesquisados e implementados em produtos a fim de que os impactos ao meio ambiente sejam reduzidos.

O sisal e todos os seus derivados (fibras, resíduos, celulose etc.), como são de origem vegetal, por si só já trazem uma primeira característica sustentável, tendo em vista a busca cada vez maior pela substituição de itens sintéticos por itens naturais, que causam menos danos a natureza ao serem descartados. Além disso, o cultivo do sisal é bem adaptado ao clima da região semiárida brasileira e até os dias atuais essa planta ainda é cultivada de maneira quase artesanal, de modo que a maior parte das plantações não utilizam irrigação, trazendo poucos impactos no que diz respeito a consumo de água.

Outrossim, considerando que grande parte da produção de sisal é realizada ainda de maneira arcaica e que a planta é considerada resistente a pragas, a utilização de fertilizantes e

outras substâncias poluentes acontece em uma escala pequena. Assim, o sisal possui diversas características que o torna um item ambientalmente correto e é possível considerá-lo uma importante alternativa de aplicação sustentável nos dias atuais.

Este trabalho analisou o que já foi identificado por outros estudos empíricos no que se refere a utilizações e características sustentáveis do sisal. Estudos futuros podem concentrar seus esforços em identificar pesquisas que estudam novas alternativas de aplicações sustentáveis do sisal, analisando as tendências para um futuro próximo.

Por fim, é possível concluir que além de seu aspecto ambiental, o sisal também é utilizado em diversos setores de maneira satisfatória, conferindo maior sustentabilidade e resistência aos produtos. Inicialmente, sua utilização estava restrita a cordas, tapetes, carpetes, capachos, mantas, artesanatos, embalagens e estofos, ou seja, produtos mais tradicionais. Porém como foi possível perceber nas análises aqui desenvolvidas, hoje o sisal é utilizado em um campo bastante amplo, incluindo: construção civil, indústria automobilística, naval, aeroespacial, substratos comerciais para mudas, desenvolvimento de compósitos poliméricos, entre outros.

Dessa maneira, o sisal não só possibilita o desenvolvimento de produtos mais ambientalmente corretos, como também consegue muitas vezes melhorar a eficiência deles, proporcionando maior proteção, resistência superior e mais durabilidade, além de incrementar a finalidade para a qual eles serão desenvolvidos. Assim, o sisal pode ser considerado uma alternativa viável que consegue unir bom desempenho e questões relacionadas à proteção do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Érika Virginia Raphael de. **Valorização da celulose de sisal: uso na preparação de acetatos e de filmes de acetatos de celulose/celulose e quitosana/celulose**. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

ANDRADE, Robson; ORNELAS, Jackson; BRANDÃO, Weliton. Situação atual do sisal na Bahia e suas novas possibilidades de utilização e aproveitamento. **Rev. Bahia Agrícola**, v. 9, p. 14-19, 2009.

ASHORI, Alireza. Wood-plastic composites as promising green-composites for automotive industries!. **Bioresource technology**, v. 99, n. 11, p. 4661-4667, 2008.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Censo Agropecuário, 2017**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/pocinhos/pesquisa/24/76693>> e

<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/pesquisa/24/76693>>. Acesso em: 24 de outubro de 2019.

CABRAL, Milton Bezerra. **Geoeconomia da Paraíba: condicionantes para o desenvolvimento sustentável**. Campina Grande: EDUEPB, 2016.

COSTA, Luiz Antônio de Mendonça et al. Avaliação de substratos para a produção de mudas de tomate e pepino. **Revista Ceres**, v. 60, n. 5, p. 675-682, 2013.

DIAS, Acácia Batista et al. POTENCIAL DE INDICAÇÃO GEOGRÁFICA DO SISAL NA BAHIA. **Cadernos de Prospecção**, v. 8, n. 1, p. 174, 2015.

IZQUIERDO, Indara Soto; RAMALHO, Marcio Antônio. Aplicação de cinzas residuais e de fibra de sisal na produção de argamassas e concretos: Revisão. **Ingeniería y Desarrollo**, v. 32, n. 2, p. 344-368, 2014.

MACHADO, Gustavo Bittencourt. **Da identidade de resistência à identidade de projeto no Território do Sisal (Bahia): o caso da Apaeb-Valente**. 2006.

MARTIN, Adriana R. et al. Caracterização química e estrutural de fibra de sisal da variedade Agave sisalana. **Polímeros: ciência e tecnologia**, v. 19, n. 1, p. 40-46, 2009.

MEDEIROS, Diogo Cavalcanti Bezerra de. **Análise de propriedades térmicas e mecânicas de compósito de gesso, sisal e papel**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

NICOLAI, Fernanda Nicolle Pinheiro. **Material compósito de matriz éster vinílica reforçado com fibras naturais de sisal e coco e com fibra de vidro, a ser aplicado no design da engenharia naval**. 2007. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais. Universidade Federal de Ouro Preto.

OASHI, Maria da Conceição Guimarães et al. **Estudo da cadeia produtiva como subsídio para pesquisa e desenvolvimento do agronegócio do sisal na Paraíba**. 1999. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina.

PEREIRA, Djalma Silva et al. Crescimento e nodulação natural de feijão-caupi em solos de mineração de chumbo adubados com resíduo de sisal. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 7, n. 4, p. 34-42, 2017.

PINTO, Carolina Carvallo; CARVALHO, Ricardo F. **Estudo das propriedades de flexão em compósitos de matriz de gesso e manta de sisal**. In: 23º CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. Foz do Iguaçu, p. 1611-1622, 2018.

REIS, J. M. L. Sisal fiber polymer mortar composites: Introductory fracture mechanics approach. **Construction and Building Materials**, v. 37, p. 177-180, 2012.

ROSÁRIO, Francisco et al. Resíduos de sisal como reforço em compósitos de polipropileno virgem e reciclado. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 21, n. 2, p. 90-97, 2011.

SANTOS, Adailson Feitoza de Jesus et al. Diazotrophic bacteria associated with sisal (*Agave sisalana* Perrine ex Engelm): potential for plant growth promotion. **Plant and soil**, v. 385, n. 1-2, p. 37-48, 2014.

SANTOS, Edinusia Moreira Carneiro; SILVA, Onildo Araujo da. SISAL IN BAHIA-BRAZIL. **Mercator (Fortaleza)**, v. 16, p. 1-13, 2017.

SCARPONI, Claudio; ANDREOTTI, Carlos. Industrial applications of natural fibres advanced composites: environmental effects and comparative Life Cycle Analysis. **International Journal of Materials and Product Technology**, v. 36, n. 1/2/3/4, p. 241-260, 2009.

SCOPEL, Felipe; GREGOLIN, José Angelo Rodrigues; FARIA, LIL de. Tendências tecnológicas do uso do sisal em compósitos a partir da prospecção em documentos de patentes. **Polímeros**, v. 23, n. 4, p. 514-520, 2013.

SILVA, Ana Beatriz de Carvalho Gonzaga. **Modelagem numérica de placas laminadas reforçadas com fibras longas de sisal**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SILVA, Flavio de Andrade et al. Physical and mechanical properties of durable sisal fiber-cement composites. **Construction and building materials**, v. 24, n. 5, p. 777-785, 2010.

SILVA, Marlon Jocimar Rrodrigues da et al. Resíduo de sisal incorporado à substrato comercial na formação de mudas de jiló e brócolis. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 4, p. 12-16, 2015.

SILVA, Onildo Araujo; SANTOS, Edinusia Moreira Carneiro. Agentes sociais de produção do espaço rural no território do sisal-Bahia. **CAMPO-TERRITÓRIO: revista de geografia agrária**, v. 5, n. 9, 2010.

TENOLI, Gustavo Henrique Denzin et al. Thermal performance of sisal fiber-cement roofing tiles for rural constructions. **Scientia Agricola**, v. 68, n. 1, p. 1-7, 2011.

TOLÊDO FILHO, Romildo D. et al. Development of vegetable fibre-mortar composites of improved durability. **Cement and concrete composites**, v. 25, n. 2, p. 185-196, 2003.

TOLÊDO FILHO, Romildo D. et al. Durability of alkali-sensitive sisal and coconut fibres in cement mortar composites. **Cement and concrete composites**, v. 22, n. 2, p. 127-143, 2000.

VENTURA, Ana Mafalda FM. Os Compósitos e a sua aplicação na Reabilitação de Estruturas metálicas. **Ciência & Tecnologia dos Materiais**, v. 21, n. 3-4, p. 10-19, 2009.