

A CELULOSE NA PRODUÇÃO DE NANOCRISTAIS PARA MELHORIA SUSTENTÁVEL DA ARGAMASSA NA CONSTRUÇÃO CIVIL – ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O NCC DE EUCALIPTO E CANA DE AÇÚCAR

[Edição 127 OUT/23 SUMÁRIO](#), [Engenharia Civil](#), [Volume 28 - Edição 128/NOV 2023](#) / 10/11/2023

REGISTRO DOI: 10.5281/zenodo.10104782

Almeida, V. H. F
Noriega, C. L

RESUMO

Esta pesquisa tem como objetivo comparar dois meios de obtenção de NCC, (nanocristais de celulose) os obtidos a partir de Eucalipto Grandis (*Eucalyptus Grandis*), e os obtidos a partir do bagaço de Cana de açúcar (*Saccharum officinarum*), visando comparar qual das duas fontes é mais sustentável, dentro do processo de aumento na resistência da argamassa por meio da incorporação de nanocristais de celulose extraídos dessas fontes.

A metodologia adotada no processo de extração dos nanocristais de celulose envolve um processo de tratamento químico em duas etapas: a

primeira etapa consiste em um tratamento alcalino com hidróxido de sódio (NaOH), seguido pela segunda etapa, a hidrólise ácida, que utiliza ácido sulfúrico (H₂SO₄).

A celulose é um polímero abundante na natureza, quando submetida a esse tratamento químico, adquire propriedades que podem melhorar consideravelmente a resistência de argamassas e de outros materiais que tenham sua base de cimento.

O uso dos nanocristais obtidos através celulose como aditivo em diferentes tipos de argamassas poderá ser utilizado no futuro em larga escala, visando não só a melhora de resistência dos materiais, como a utilização dessa abordagem pode desempenhar um papel de grande importância na indústria da construção civil, mas também contribuindo para a sustentabilidade ao aprimorar um dos materiais mais amplamente utilizados neste setor.

Palavras-chave: Nanocristais de celulose do bagaço de Cana de açúcar. Resistência da Argamassa. Nanocristais de celulose. Nanocristais de celulose de Eucalipto.

ABSTRACT

This research aims to compare two ways of obtaining NCC (cellulose nanocrystals): those obtained from Eucalyptus Grandis (Eucalyptus Grandis), and those obtained from sugar cane bagasse (Saccharum officinarum), in order to find out which of the two sources is more sustainable in the process of increasing mortar strength by incorporating cellulose nanocrystals extracted from these materials.

The methodology adopted for extracting cellulose nanocrystals involves a two-stage chemical treatment process: the first stage consists of an alkaline treatment with sodium hydroxide (NaOH), followed by the second stage, acid hydrolysis, using sulfuric acid (H₂SO₄).

Cellulose is an abundant polymer in nature and when subjected to this chemical treatment, it acquires properties that can considerably improve the strength of mortars and other cement-based materials.

The use of nanocrystals obtained through cellulose as an additive in different types of mortar could be used on a large scale in the future, not only with a view to improving the strength of materials, but this approach could also play a major role in the construction industry, contributing to sustainability by improving one of the most widely used materials in this sector.

Keywords: Cellulose nanocrystals from sugar cane. Mortar Strength. Cellulose nanocrystals. Eucalyptus cellulose nanocrystals.

1. INTRODUÇÃO

O conceito de sustentabilidade na construção civil abrange a implementação de práticas que visam minimizar os impactos ambientais ao longo de todo o ciclo de vida de uma edificação, e ao mesmo tempo promover a viabilidade econômica e melhora a qualidade de vida das gerações presentes e vindouras. O estudo a seguir pretende contribuir para uma compreensão mais abrangente das práticas sustentáveis na indústria da construção, ao mesmo tempo em que apresenta opções viáveis para a produção de fortificantes de argamassa, alinhadas com as demandas atuais por soluções ecologicamente conscientes.

A pesquisa com nanocristais de celulose extraídos do eucalipto e do bagaço da cana de açúcar representa um avanço significativo no setor da construção civil, uma vez que busca uma abordagem sustentável para aprimorar a qualidade e a durabilidade dos materiais empregados em edificações. A inserção desses nanocristais na argamassa não apenas fortalece as propriedades mecânicas do material, mas também contribui para a redução do consumo de recursos naturais, uma vez que utiliza matérias-primas renováveis em seu processo de produção.

“Os poderes da nanocelulose são decorrentes de uma combinação única de propriedades físicas, químicas e biológicas, como elevada resistência mecânica, leveza, alta área superficial, biodegradabilidade, biocompatibilidade [...] por isso, o interesse para aplicação de nanocelulose abrange vários setores da indústria, como papel, têxtil, construção civil.”(ARANTES, Valdeir, 2018).

A nanotecnologia aplicada nesse contexto permite um controle preciso das características dos nanocristais, o que significa que suas propriedades podem ser ajustadas para atender a requisitos específicos de engenharia, tornando-os uma solução versátil para diversas aplicações no setor.

No mais, a indústria da construção desempenha um papel fundamental nas demandas ambientais globais. Dentre as ações humanas, uma das que mais impactam o meio ambiente é a indústria da construção e por esse motivo é uma das forças motrizes para o atendimento de metas de desenvolvimento sustentável (SILVA, 2003) assim entende-se que a construção civil é uma das maiores consumidoras de recursos naturais e geradora de uma parcela significativa de resíduos, portanto é de suma importância a procura de meios de minimizar os danos causados.

Ademais, o estudo dessas abordagens oferece um caminho promissor em direção a uma construção civil mais sustentável, alinhada com os princípios da economia circular e da responsabilidade ambiental. O desafio é fazer a economia evoluir, atendendo às expectativas da sociedade e mantendo o ambiente sadio para esta e para as futuras gerações (JOHN; AGOPYAN, 2011, p. 24).

1.1. JUSTIFICATIVA

A justificativa para a realização desse artigo reside na pesquisa e aplicação de nanocristais de celulose de eucalipto e do bagaço da cana de açúcar na fortificação de argamassas e de outros materiais que tenham sua base de cimento, que representam uma abordagem inovadora e sustentável para o setor. Essa iniciativa promove materiais com maior resistência e

ecologicamente conscientes, alinhados com as demandas atuais por soluções construtivas responsáveis ambientalmente.

A sustentabilidade tornou-se uma prioridade na indústria da construção, com a crescente demanda por materiais e práticas que minimizem o impacto negativo no meio ambiente. Dessa forma, esta pesquisa visa avaliar quais métodos de obtenção de nanocristais de celulose se alinham melhor com os princípios da sustentabilidade na construção civil.

1.2. OBJETIVOS (GERAL E ESPECÍFICOS)

O objetivo geral para realização deste artigo científico é produzir uma análise comparativa entre dois distintos métodos de obtenção de nanocristais de celulose, com o intuito de determinar qual deles é mais eficaz em atingir os objetivos da construção civil de maneira sustentável.

Em seguida, examinar a relevância do uso sustentável dos recursos na indústria da construção civil, com enfoque na importância de adotar práticas que minimizem o impacto ambiental. Isso inclui a exploração de fontes renováveis, como a celulose de eucalipto, e fontes que utilizam resíduos agrícolas, neste caso o bagaço de cana-de-açúcar, como alternativas viáveis na produção de fortificantes de argamassa.

Dessa forma, pode-se listar os objetivos específicos em:

- Quantitativo de produção, que visa entender qual dos dois meios têm uma maior produção da matéria prima que pode ser utilizada para obtenção de NCC;
- Índice de desperdício, que pretende observar qual das duas matérias primas têm maior desperdício de resíduos de matéria prima em sua produção principal podendo assim ser mais cotado para obtenção de nanocristais;
- Impacto ambiental, neste tópico será abordado qual dos dois métodos de obtenção de NCC causa um menor impacto ambiental,

levando em conta ressignificação de matéria prima ou seu subproduto.

2. MATERIAIS E MÉTODOS.

O presente artigo aborda uma pesquisa qualitativa, de natureza básica. A análise tem cunho exploratório e busca abordar de maneira superficial o uso da nanotecnologia no setor da construção civil, uma vez que não é um tema amplamente abordado, no intuito de elencar quais dos métodos observados possuem maior índice de sustentabilidade.

Para tanto, será realizado inicialmente um estudo das técnicas de construção sustentáveis, buscando trazer relevância para a temática escolhida – a atual necessidade de métodos “verdes” dentro da indústria da construção civil, uma vez que é uma das mais poluentes do planeta (UNEP, 2020).

Posteriormente, será explorado ambos métodos de obtenção de celulose, o Eucalipto Grandis e o bagaço da cana de açúcar, examinando sua importância econômica no Brasil e o índice de desperdício de resíduos que ambos apresentam. A partir disso, serão citadas brevemente as propriedades químicas presentes na celulose e nos nanocristais e sua importância na fortificação de argamassas.

Por fim, na análise de resultados será indagado quais dos métodos possui maior índice sustentável a partir de 3 métricas pré estabelecidas: Quantitativo de produção, índice de desperdício e Impacto Ambiental, que foram descritas acima, as quais foram delimitados pelo próprio autor, a fim de encontrar resultados satisfatórios nesta pesquisa.

Por fim, busca-se estabelecer quais dos métodos suprem melhor as expectativas anteriormente especificadas, em prol do desenvolvimento sustentável na construção civil.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.

Os produtos e subprodutos do eucalipto e o bagaço da cana de açúcar têm se destacado como promissoras fontes de nanocristais de celulose (NCC), fontes essas que podem ser usadas em diversos setores, inclusive na construção civil, de forma altamente sustentável e reciclável.

Assim, os nanocristais oferecem propriedades especiais que melhoram a resistência e durabilidade da argamassa, ao mesmo tempo em que reduzem a necessidade de recursos não renováveis e poluentes. Dessa forma, a indústria da construção pode contribuir para a preservação do meio ambiente, promovendo práticas mais ecológicas e ecoeficientes.

3..1. SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL.

A importância da sustentabilidade nos dias atuais é indiscutível. Em um mundo que enfrenta desafios ambientais crescentes, a busca por práticas sustentáveis é essencial para garantir um futuro viável para as gerações futuras. A preservação dos recursos naturais e a redução das emissões de carbono são imperativos para mitigar as mudanças climáticas e promover um equilíbrio entre o desenvolvimento humano e a saúde do planeta.

Segundo dados da ONU em 2019, o setor da construção civil foi responsável por mais de 38% do total mundial das emissões de carbono relacionadas a o uso de energia. Não obstante, o setor também é um dos maiores consumidores de recursos naturais e gera uma parcela significativa de resíduos sólidos (RSCC). Abaixo, o professor e engenheiro sanitário Hiram Sartori exemplifica:

O impacto causado pelos resíduos de construção civil gera danos enormes ao meio ambiente e à nossa qualidade de vida. Eles causam enchentes, proliferação de vetores nocivos à saúde, interdição parcial de vias e degradação do ambiente urbano(SARTORI, 2017).

Sartori (2017) também cita que o grande problema é o mal planejamento de obras que gera o mal aproveitamento do material, uma vez que obras menores e muitas vezes mal planejadas podem gerar mais desperdício que obras maiores.

Os órgãos responsáveis devem, então, providenciar medidas que coíbam uma geração excessiva de resíduos nas obras, de modo que o responsável seja levado a um planejamento prévio, visto que esse é a maior causa do problema. O resíduo de construção civil é altamente aproveitável, inclusive na própria obra que a gerou, afinal, quanto menos o resíduo circular, mais economia de transporte e energia(SARTORI, 2017).

Assim, para sanar as questões voltadas ao desperdício e a grande geração de resíduos, tal qual a grande poluição e gastos de recursos, cunhou-se em 1970 pela primeira vez no Brasil o termo “Edificação Sustentável”:

A construção sustentável é uma forma de se construir casas e edifícios, harmonizando-os com o meio ambiente. Ela procura [...] amenizar os impactos à natureza, reduzindo o máximo possível os resíduos e utilizando com eficiência os materiais e bens naturais, como água e energia. Além disso, é imprescindível a aplicação de materiais recicláveis e de menor impacto ambiental [...] (UNIVASF, 2018).

Entende-se, portanto, que a construção civil possui diversos problemas a serem solucionados no âmbito da sustentabilidade ambiental. Dito isso, Keller e Vaidya (2018) listaram alguns dos vários componentes essenciais para que uma construção seja considerada de fato sustentável, neste artigo será citado somente aqueles que corroboram para a pesquisa, sendo:

[...] buscar eficiência na utilização dos recursos; minimiza o impacto da mineração e do extrativismo na produção de materiais e contribuir para a recuperação de recursos naturais; reduzir o consumo de solo, água e energia durante a manufatura dos materiais, a construção da edificação e a utilização por seus usuários [...] (KELLER; VAIDYA, 2018, P.42).

Inferre-se então que o presente artigo traça um paralelo direto com a reutilização de subprodutos recicláveis e as metas atreladas às construções sustentáveis.

3.2. BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR.

O Brasil é mundialmente o maior produtor de cana-de-açúcar. Dentro do período (Safrá) de 2023 a 2024, produziu aproximadamente 652,947 milhões de toneladas que foram destinadas à produção de açúcar e etanol, sendo São Paulo o estado que lidera a produção de cana, responsável por 50,26% de toda produção do país, segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) (Conab, 2023).

Considerando que a cada tonelada de cana de açúcar que passa pelo processo de moagem gera 250 kg de bagaço, (ANDREOLI, 2008) somente

nessa última safra 23/24 foram obtidos o equivalente a 163,236 milhões de toneladas de bagaço.

Entende-se que bagaço é um resíduo subproduto fibroso resultante da moagem da cana, composto por aproximadamente 50% de celulose, 25% de hemicelulose e 25% de lignina (PANDEY et al., 2000), e sua atual destinação é exclusiva para geração de energia (CONAB, 2023).

Em 2022 a OIE (Oferta Interna de Energia) no Brasil foi de 303,1 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep), sendo que os derivados da cana – como o bagaço – representaram 46,734 mil tep (Brasil, 2019, p. 7), conforme a tabela abaixo:

Figura 1

Tabela 1: Oferta Interna de Energia (OIE) – 2021 e 2022.

ESPECIFICAÇÃO	mil tep		22/21 %	Estrutura %	
	2021	2022		2021	2022
NÃO-RENOVÁVEL	166,703	159,516	-4.3	55.0	52.6
PETRÓLEO E DERIVADOS	103,625	108,070	4.3	34.2	35.7
GÁS NATURAL	40,225	31,714	-21.2	13.3	10.5
CARVÃO MINERAL E DERIVADOS	16,945	13,986	-17.5	5.6	4.6
URÂNIO (U308) E DERIVADOS	3,900	3,861	-1.0	1.3	1.3
OUTRAS NÃO-RENOVÁVEIS (a)	2,007	1,884	-6.2	0.7	0.6
RENOVÁVEL	136,456	143,559	5.2	45.0	47.4
HIDRÁULICA E ELETRICIDADE	33,189	37,842	14.0	10.9	12.5
LENHA E CARVÃO VEGETAL	27,407	27,283	-0.5	9.0	9.0
DERIVADOS DA CANA-DE-AÇÚCAR	49,444	46,734	-5.5	16.3	15.4
OUTRAS RENOVÁVEIS (b)	26,415	31,699	20.0	8.7	10.5
TOTAL	303,158	303,074	0.0	100.0	100.0
<i>dos quais fósseis</i>	<i>162,802</i>	<i>155,655</i>	<i>-4.4</i>	<i>53.7</i>	<i>51.4</i>

Fonte: BRASIL (2023)

Portanto, como se pode observar na tabela 1, na especificação de “fontes de energia renovável” a fonte onde mais se obtém energia são os derivados da Cana de Açúcar.

Assim, após a análise dos dados acima, infere-se que o processo de moagem da cana leva a um grande excedente de bagaço, e este em sua maioria é destinado a produção de energia.

O atual trabalho visa utilizar de parte deste excedente para produção de fortificantes de argamassa na construção civil, objetificando-se a encontrar alternativas mais sustentáveis – como o bagaço da cana de açúcar.

3.3. EUCALIPTO GRANDIS.

O Eucalipto tem grande importância comercial na economia brasileira. Segundo a Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ), a produtividade do eucalipto atingiu seu maior nível desde 2014, chegando a 38,9 m³/ha/ano em 2021 (IBÁ, 2022). A espécie de eucalipto Eucalipto Grandis é nativa nas regiões da costa leste da Austrália, mas se adaptou muito bem ao clima brasileiro.

De acordo com o IBÁ (Indústria Brasileira de Árvores), o Brasil possui 9 milhões de hectares plantados de eucalipto [...]. As árvores plantadas são responsáveis por 91% de toda a madeira produzida para fins industriais no País – os demais 9% vêm de florestas naturais legalmente manejadas.

Assim, considerando as informações acima citadas, multiplicando a m³ por milhões de hectares que temos no Brasil, seriam 38,9 x 9, totalizando 350.100.000m³ de madeira em média por ano, e, pressupondo que a cada 1m³ de madeira temos 0,8829 toneladas de madeira, seriam 0,8829 x 350.100.000, totalizando aproximadamente 310 milhões de toneladas de madeira de Eucalipto por ano.

Dentre as diferentes espécies de Eucaliptos utilizadas no setor florestal, Eucalipto Grandis é uma das espécies do gênero de grande interesse silvicultural e econômico para as empresas florestais do setor de celulose e papel (IPEF, 2023).

No tocante da reutilização de resíduos, no ano de 2012 foram gerados cerca de 41 milhões de toneladas de resíduos de madeira (ABRAF, 2013), estes estão ligados a diversos setores, como a indústria Madeireira,

Construção Civil e o Meio Urbano (poda de árvores), conforme a tabela a seguir:

Figura 2

FONTE GERADORA	RESÍDUOS DE MADEIRA (1.000 t/ano)	%
Indústria Madeireira	27.750	90,7
Construção Civil	923	3,0
Meio Urbano (poda de árvore urbana)	1.930	6,3
TOTAL	30.603	100,0

Fonte: (TUOTO, 2009)

Nota-se, portanto, que o setor da indústria madeireira é o maior gerador de resíduos de madeira (TUOTO, 2009), contabilizando uma média de 27,750 toneladas anualmente.

Analizando os dados expressos acima, pode-se concluir que o Brasil é um grande produtor de Eucalipto no mundo, produção essa que já tem enfoque na subprodução de celulose. Também pode-se observar uma grande quantidade de resíduos que são gerados de diferentes setores.

Dito isso, o presente artigo visa utilizar esse material de forma sustentável, para obtenção de nanocristais a partir da celulose do mesmo, para fortificantes de argamassa na construção civil, visando simultaneamente a utilização de resíduos que seriam descartados.

3.4. CELULOSE.

A celulose é o polímero mais abundante na Terra, sendo sua estrutura predominante em plantas e em alguns animais marinhos, podendo ainda ser sintetizada por alguns fungos e bactérias (TAIPINA, 2012, apud Payen).

Segundo dados do IBÁ (Indústria Brasileira de Árvores) (IBÁ, 2021) entende-se que o Brasil é o maior exportador de celulose – 22,8% da

produção mundial – e o segundo maior produtor, perdendo somente para os Estados Unidos.

Com a crescente demanda de fontes alternativas menos poluentes e desenvolvimento de materiais biodegradáveis, a utilização da celulose se tornou uma opção barata e abundante para este propósito (SILVA; D'ALMEIDA; 2009), no presente artigo, será exemplificado o seu uso nas partículas de nanocristais.

3.5. NANOCRISTAIS DE CELULOSE NA CONSTRUÇÃO CIVIL.

Nanocristais de celulose (NCC), também reportados na literatura como *whiskers*, nanofibras, cristalitos ou cristais de celulose, são os domínios cristalinos de fibras celulósicas isolados por meio de hidrólise ácida, e são assim chamados devido a suas características físicas de rigidez, de espessura e de comprimento (SILVA; D'ALMEIDA; 2009).

O artigo *Market projections of cellulose nanomaterial-enabled products – Part 1: Applications* (2014) produzido por Shatkin, Wegner e Bilek se faz diversas análises do potencial sustentável do uso de nanocristais de celulose e de suas aplicações em diversos setores da sociedade, inclusive no uso de aditivos:

As aplicações com maior potencial de nanomateriais de celulose são o papel e as embalagens de papel, têxteis, cimento e peças de automóvel. As aplicações de menor volume incluem sensores, construção, materiais aeroespaciais, cosméticos, produtos farmacêuticos e aditivos. (SHATKIN; WEGNER; BILEK et al., 2014 p.11)

Outras aplicações de nanocristais de celulose no segmento da indústria da construção civil são como reforço estrutural, em aditivos onde as fibras podem conferir maior resistência à tração, sistemas de proteção ao calor, maior impermeabilização e reforço na estrutura de polímeros (SANCHEZ, 2016 apud DUFRESNE, 2015).

3.6. NCC NA FORTIFICAÇÃO DA ARGAMASSA.

A pesquisa realizada por Mazlan, Tokoro e Ibrahim et al. denominada *CELLULOSE NANOCRYSTALS ADDITION EFFECTS ON CEMENT MORTAR MATRIX PROPERTIES* estuda a adição de NCC na argamassa, e seu potencial aumento de resistência de sua estrutura, sem alterar a sua usabilidade:

[...]isso se deve à matriz da argamassa de cimento não conter compostos como concreto. Ao reforçar materiais frágeis como a argamassa, também se torna um problema encontrar o suficiente volume de fibras de reforço sem causar dificuldades na trabalhabilidade, dispersão da fibra e custos de reforço (MAZLAN; TOKORO; IBRAHIM et al., 2016 p.1).

Assim, na tentativa de aumentar a resistência de um material como a argamassa, é preciso atentar-se para não alterar as propriedades de densidade e trabalhabilidade da mesma. Dessa forma, o estudo demonstra que com a inserção de nanocristais de celulose na composição da argamassa, ocorre a fortificação e a obtenção de resistência desejada, aumentando de 40 a 45% sua força:

O aumento da resistência da argamassa de cimento foi positivamente desenvolvido após o adição de NCC

no cimento composto.[...] Isso é bom para a aplicação de arranha-céus materiais de construção, e construções que exigem o alto compósitos de cimento resistentes ao mesmo tempo leves (MAZLAN; TOKORO; IBRAHIM et al., 2016 p.4).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.

É necessário imputar, primeiramente, que o propósito da análise de fortificantes de argamassa não reside necessariamente na premissa que os fortificantes comercializados hoje são poluentes, mas sim na iniciativa de destinar diferentes produtos e subprodutos residuais na construção civil, ressignificando seu propósito.

Abaixo, seguem as métricas que foram analisadas.

- Quantitativo de produção;
- Índice de desperdício;
- O impacto Ambiental que cada processo irá gerar.

Com base na análise e apuração de dados apresentados, foram concluídos:

A respeito do quantitativo de produção: os resultados indicam que a cana-de-açúcar tem uma produção significativamente superior se comparada com o Eucalipto Grandis. À vista disso, a produção de cana-de-açúcar é pouco mais que o dobro em relação à produção de madeira, considerando o espaço de produção anual, torna-se vantajoso em termos de disponibilidade e custos de produção.

Já sobre o índice de desperdício, é fato notório que a comparação é assimétrica, uma vez que a produção de cana-de-açúcar no Brasil é superior à produção de Eucalipto Grandis, logo o subproduto advindo da

produção da cana será, por consequência, maior. Dito isso, o índice de desperdício voltado ao bagaço da cana de açúcar é maior dado que se produz 652,947 milhões de toneladas de cana a cada safra, e desta, um resíduo de 163,236 milhões de toneladas de bagaço (CONAB, 2023).

Por fim, o impacto ambiental é um aspecto crítico a ser considerado em qualquer processo industrial, inclusive na construção civil. No estudo comparativo, observou-se que a produção de NCC a partir do bagaço da cana-de-açúcar tende a ter um menor impacto ambiental, dado que o bagaço por si só já é um resíduo da produção da cana de açúcar, diferentemente do Eucalipto, uma vez que, para este caso, seria necessária uma nova produção de matéria prima especificamente para extração de celulose e produção de nanocristais, resultando possivelmente em um cultivo em larga escala prejudicial ao solo e ocasionando desmatamento de áreas preservadas.

Ademais, se for considerado apenas os resíduos de madeira provenientes dos setores que a utilizam, ainda seria correspondente à apenas $\frac{1}{3}$ ou 20% da quantidade gerada de bagaço por safra. Portanto, a avaliação do impacto ambiental deve levar em consideração o ciclo de vida completo do processo, desde o cultivo da matéria-prima até a produção de NCC.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS/CONCLUSÕES.

Em virtude do que fora apresentado, conclui-se que o uso do bagaço da cana-de-açúcar tem chances mais promissoras de ser uma fonte primária para o uso proposto, uma vez que tem maior potencial sustentável se comparado ao uso do Eucalipto Grandis para extração de celulose. Pode-se elencar dois pontos primordiais para escolha: o quantitativo de produção e o impacto ambiental.

O quantitativo de produção, uma vez que é produzido em larga escala no Brasil, viabilizando que empresas no ramo da construção tenham maior facilidade de acesso e menor custo por mercadoria, logo, possibilitando maior penetração no mercado; e o segundo ponto seria a respeito do

Impacto ambiental, visto que, como citado anteriormente, o bagaço é o subproduto da produção da cana-de-açúcar, assim sendo, a utilização do mesmo não afeta diretamente a produção efetiva da cana, portanto sua ressignificação é inteiramente sustentável.

No decorrer da pesquisa, pôde-se observar a importância de estudos voltados ao desenvolvimento de alternativas sustentáveis dentro da indústria da construção civil, dado que a mesma é altamente poluente e, juntamente, imprescindível para sociedade. Em função disso, a utilização de nanocristais de celulose partindo de fontes renováveis pode contribuir significativamente para a melhoria da sustentabilidade e diminuição da pegada de carbono na área.

No mais, o autor deste artigo propõe a continuidade do estudo acerca das utilidades diversas que os nanocristais oferecem dentro da construção civil, dado que há hoje um número limitado de pesquisas voltadas para nanotecnologia especificamente neste setor.

Por fim, por meio deste estudo, entende-se que a integração de materiais e práticas sustentáveis nos setores produtivos é de suma importância para a nossa sociedade, assim, a adoção de recursos ecologicamente corretos e métodos de produção conscientes não apenas abre caminho para uma sociedade mais ecológica e eficiente, mas também demonstra uma maior preocupação com o futuro e com as gerações futuras.

Portanto, a busca por práticas mais sustentáveis não apenas atende às demandas do presente, mas também é essencial para a construção de um legado mais responsável e preocupado com o equilíbrio ambiental a longo prazo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF, Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas.

Anuário estatístico da ABRAF: ano base 2012. Disponível em:

<<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/3910>>. Acesso em: 19 out. 2023.

ABTCP, Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. **O setor de celulose e papel**. Disponível em:<<https://www.abtcp.org.br/o-setor#:~:text=A%20indústria%20de%20celulose%20do,2%2C9%20milhões%20de%20hectares>>. Acesso em: 18 out. 2023.

ANDREOLI, Claudinei. **Convergência de Agricultura e Energia: I**. Produção de Biomassa Celulósica para Biocombustíveis e Eletricidade. Economia & Energia, Ano XI – N° 66, 2008.

ARANTES, Valdeir. **Compro priedades exclusivas, nanocelulose revoluciona materiais**. Jornal da USP, 2018. Disponível em: <<https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-exatas-e-da-terra/com-priedades-exclusivas-na-nocelulose-revoluciona-materiais/>>. Acesso em: 18 out. 2023.

BILEK, Ted; SHATKIN, Jo Anne; WEGNER, Theodore. **Market Projections of Cellulose Nano material- enabled products–PartI**: Applications. Tappi Journal, p. 10, 2014.

BRASIL, Ministério da Educação. **Conheça tudo sobre construção sustentável**. UNIVASF, 2018. Disponível em: <<https://portais.univasf.edu.br/sustentabilidade/noticias-sustentaveis/conheca-tudo-sobre-construcao-sustentavel>>. Acesso em: 18 out. 2023.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Resenha Energética Brasileira**: exercício de 2023. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2023.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim – Cana-de-açúcar – 2º levantamento – 2023/24**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/891-cana-de-acucar-agricola>>. Acesso em: 18 out. 2023.

HILGEMBERG, Emerson; BACHA, Carlos. **A evolução da indústria brasileira de celulose e sua atuação no mercado mundial**. Análise Econômica UFRGS, 2001. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/index.php/AnaliseEconomica/article/view/10679/6308>>. Acesso em: 18 out. 2023.

IBÁ, Indústria Brasileira de Árvores. **Histórico desempenho – celulose, 2010-2019**. Disponível em: <<https://www.iba.org/historico-de-desempenho#celulose-1>>. Acesso em: 19 out. 2023.

IBÁ, Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório anual compactado 2022**. Disponível em <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2022-compactado.pdf>>. Acesso em: 19 out. 2023.

IBRAHIM, Izni; MAZLAN, Dianah; MD DIN, Mohn et al. **Cellulose Nanocrystals Addition Effects on Cement Mortar Matrix Properties**. Proceedings of Research World International Conference, Osaka, Japan, 2015.

IPEF, Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. **Congresso de Plantações Florestais**. Piracicaba: V. 26, maio, 2023. Disponível em: <<https://www.ipef.br/publicacoes/tecnica/nr48/ipef-sertec-48.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2023.

JOHN, Vanderley; AGOPYAN, Vahan. **O desafio da sustentabilidade na Construção Civil**. São Paulo: Blucher, p. 24, 2011.

JOSUÉ, Ingrid. **Nanocristais de celulose inseridos na composição da argamassa**. Castelo Branco, 2p., 2020. Dissertação (Bacharelado) – Instituto Politécnico de Castelo Branco – Escola Superior de Tecnologia.

KELLER, Marian; VAIDYA, Prasad. **Fundamentos de Projeto de Edificações Sustentáveis**. Porto Alegre: Bookman, 2018.

ONU. **Emissões do setor de construção civil atingiram recordes em 2019 – relatório da ONU**. Disponível em: <Emissões do setor de construção civil atingiram recordes em 2019 – relatório da ONU (unep.org)>. Acesso em: 04 nov. 2023.

PANDEY, Ashok. **Biotechnological potential of agro-industrial residues.I: sugarcane bagasse**. Springer, 2009.

SANCHEZ JUNIOR, Miguel. **Obtenção de nanocristais de celulose a partir de fontes alternativas**. São Paulo, 24 p., 2016. Dissertação (Mestrado) – Universidade Presbiteriana Mackenzie.

SARTORI, Hiram. **Construção Civil: quais as consequências de seus resíduos?**. Peveduto, 2017. Disponível em: <<https://peveduto.com.br/construcao-civil-quais-as-consequencia-de-seus-residuos/#:~:text=O%20impacto%20causado%20pelos%20resíduos,e%20degradação%20do%20ambiente%20urbano>>. Acesso em: 01 nov. 2023.

SCHWERTNER, Johannes; LISBINSKI, Fernanda et al. Competitividade das Exportações Brasileiras de Celulose: Uma Análise de Dados em Painel. Reflexões Econômicas, 2023. Disponível em: <http://periodicos.uesc.br/index.php/reflexoeseconomicas/article/view/3353/2425>. Acesso em: 19 out. 2023.

SILVA, Deusanilde; D'ALMEIDA, Maria Luiza. **Os Nanocristais de celulose**. Revista O Papel, p.34-52, 2009.

TAIPINA, Márcia. **Nanocristais de Celulose: Obtenção, Caracterização e Modificação de Superfície**. Campinas, 2012. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas.

THEODORAKIS, Nicolaos. **Construção civil sustentável: como estamos em relação ao resto do mundo**. Exame, 29 jun. 2022. Disponível em:

<[https://exame.com/bussola/construcao-civil-sustentavel-como-estamos-em-relacao-ao-re sto-do-mundo/](https://exame.com/bussola/construcao-civil-sustentavel-como-estamos-em-relacao-ao-re-sto-do-mundo/)> Acesso em: 19 out. 2023.

TUOTO, Marco, Projeto PNUB BRA 00/20 – Apoio às Políticas Públicas na Área de Gestão e Controle Ambiental. **Levantamento sobre a Geração de Resíduos** Provenientes da Atividade Madeireira e Proposição de Diretrizes para Políticas, **Normas e Condutas Técnicas para promover o seu uso Adequado**. Curitiba, 2009. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/12376/Livro_Levantamento-geracao-de-residuos-provenientes-da-atividade-madeireira-Diretrizes_MMA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 19 out. 2023.

[← Post anterior](#)

RevistaFT

A RevistaFT têm 28 anos. É uma **Revista Científica Eletrônica Multidisciplinar Indexada de Alto Impacto e Qualis “B2” em 2023**. Periodicidade mensal e de acesso livre. Leia gratuitamente todos os artigos e publique o seu também [clikando aqui](#).

Contato

Queremos te ouvir.

WhatsApp RJ:

(21) 98159-7352

WhatsApp SP:

(11) 98597-3405

e-Mail:

contato@revistaf
t.com.br

ISSN: 1678-0817

CNPJ:

Conselho Editorial

Editores

Fundadores:

Dr. Oston de
Lacerda Mendes.
Dr. João Marcelo

Gigliotti.

Editor

Científico:

Dr. Oston de
Lacerda Mendes

Orientadoras:



48.728.404/0001-
22

CAPES –

Coordenação de
Aperfeiçoament
o de Pessoal de
Nível Superior
(CAPES),
fundação do
Ministério da
Educação (MEC),
desempenha
papel
fundamental na
expansão e
consolidação da
pós-graduação
stricto sensu
(mestrado e
doutorado) em
todos os estados
da Federação.

Dra. Hevellyn
Andrade
Monteiro
Dra. Chimene
Kuhn Nobre

Revisores:

Lista atualizada
periodicamente
em
revistaft.com.br/expresspediente Venha
fazer parte de
nosso time de
revisores
também!