

Cinturão Verde:

Sustentabilidade e contribuição no setor de produção de aço

Aureliano Nogueira da Costa
(Organizador)



 **Atena**
Editora
Ano 2022

Cinturão Verde:

Sustentabilidade e contribuição no setor de produção de aço

Aureliano Nogueira da Costa
(Organizador)



Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

ArcelorMittal, arquivos internos

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade do Estado de Mato Grosso

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás



Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas



Cinturão verde: sustentabilidade e contribuição no setor de produção de aço

Diagramação: Natália Sandrini de Azevedo
Correção: Bruno Oliveira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Aureliano Nogueira da Costa

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C575 Cinturão verde: sustentabilidade e contribuição no setor de produção de aço / Organizador Aureliano Nogueira da Costa. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0002-8

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.028223003>

1. Reserva da Biosfera do Cinturão Verde (São Paulo, SP). 2. Aço. 3. Sustentabilidade. I. Costa, Aureliano Nogueira da (Organizador). II. Título.

CDD 333.7098161

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.





EQUIPE DE PESQUISA

Ações desenvolvidas no projeto **Cinturão Verde** para avaliar o desempenho de espécies florestais nativas e exóticas do Bioma Mata Atlântica, como quebra-ventos arbóreos em pátios de estocagem de carvão e minério, comparado com ambiente com baixo estresse abiótico, deram subsídio para a elaboração desta publicação.

Pesquisadores do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) e profissionais que prestam serviços à Fundação de Desenvolvimento e Inovação Agro Socioambiental do Espírito Santo (Fundagres Inovar), da ArcelorMittal e de outras instituições parceiras estão inseridos na equipe de autoria desta publicação.

Entretanto, para a condução dos trabalhos de pesquisa, específicos do projeto, enalteçemos e destacamos a participação dos profissionais que contribuíram diretamente para o sucesso deste trabalho e conseqüentemente, para a publicação desta obra:

Aureliano Nogueira da Costa - Engenheiro Agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador do Incaper.

Bernardo Enne Corrêa da Silva – Biólogo, Especialista em Gestão Ambiental, Gerente de Sustentabilidade e meio Ambiente da ArcelorMittal Tubarão.

Pedro Luís Pereira Teixeira de Carvalho - Engenheiro Florestal, Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas, Gerente de Agroecologia e Produção Vegetal da SEAG.

Adelaide de Fátima Santana da Costa - Engenheira Agrônoma, Doutora em Fitotecnia, Pesquisadora do Incaper.

Diolina Moura Silva - Bióloga, Doutora em Fisiologia Vegetal, Professora da UFES.

Fabio Favarato Nogueira - Engenheiro Florestal, Pesquisador Bolsista da Fundagres Inovar.

Roberta Cristina Cotta Duarte Conde - Engenheira Agrônoma e Bióloga, Pesquisadora Bolsista da Fundagres Inovar.

Marco Aurélio de Abreu Bortolini - Engenheiro Ambiental, Especialista em Educação Ambiental e Sustentabilidade, Pesquisador Bolsista da Fundagres Inovar.

Charles Falk -Tecnólogo de Nível Superior em Saneamento Ambiental, MBA em Gestão Ambiental, Pesquisador Bolsista da Fundagres Inovar.

Letícia Pereira Rocha - Engenheira de Produção, Pesquisadora Bolsista da Fundagres Inovar.

PREFÁCIO

A história do Cinturão Verde da ArcelorMittal Tubarão teve início nos primórdios da produção de aço na então Companhia Siderúrgica de Tubarão, a qual entrou em operação em 1983. O Cinturão Verde nasceu a partir de um viveiro de mudas, idealizado para produzir espécies florestais heterogêneas que seriam destinadas ao plantio na antiga área de pastagens de animais que deu origem a essa importante siderúrgica.

As mudas foram plantadas pelos empregados que apoiaram a iniciativa de recomposição verde na área industrial para criar uma barreira natural de redução da velocidade dos ventos nos pátios de estocagem, além de trazer maior embelezamento, sombreamento e melhoria da qualidade de vida. O resultado desse trabalho pode ser visto hoje em uma extensa e variada área verde que abriga inúmeras espécies da fauna e flora, com cerca de 2,6 milhões de árvores plantadas. Seu legado é considerado um ativo ambiental de referência em cobertura verde e biodiversidade na Grande Vitória, motivo de grande orgulho para a Empresa!

Para garantir a contínua evolução desse arrojado trabalho, a empresa firmou o que é considerada uma das mais importantes parcerias público-privadas para o desenvolvimento de ações estratégicas de pesquisa, desenvolvimento e inovação nas áreas de silvicultura e meio ambiente do Estado do Espírito Santo: o **Projeto Cinturão Verde**. Projeto esse realizado entre a ArcelorMittal e o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), autarquia ligada à Secretaria de Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca (Seag), que foi concebido para desenvolver pesquisas que identifiquem as melhores espécies (e combinações entre elas) para plantio na área, gerando não só uma eficiente barreira, mas também todos os benefícios atrelados à área verde.

Preservar e gerir os recursos naturais de forma eficiente e responsável faz parte das 10 diretrizes do desenvolvimento sustentável da ArcelorMittal, que tem o compromisso com as gerações futuras de produzir um aço sustentável.

Esta publicação traz os resultados desse intenso trabalho e almeja servir como importante fonte bibliográfica para estudantes, profissionais e demais interessados na área de meio ambiente.

Bernardo Enne Corrêa da Silva - ArcelorMittal Tubarão

APRESENTAÇÃO

Os Cinturões Verdes, quebra-ventos ou *windbreaks* são considerados sistemas agroflorestais lineares de árvores e arbustos, dispostos em direção perpendicular aos ventos dominantes, que coadunam tecnologia, inovação e sustentabilidade em prol do meio ambiente.

Em regiões com incidência de ventos muito fortes e grande perda da umidade do solo, o Cinturão Verde pode contribuir para a manutenção dessa umidade e redução da temperatura, o que propicia condições favoráveis à biodiversidade, além de reduzir a erosão provocada pelo impacto da chuva no solo. Têm sido também utilizados, pelo setor industrial, como barreira de redução da velocidade dos ventos, para minimizar o potencial de arraste de partículas em pátios de estocagem de insumos. A escolha das espécies mais adequadas, quanto à adaptabilidade às condições edafoclimáticas locais, é o passo inicial para o sucesso de sua implantação.

Esta obra, intitulada ***Cinturão Verde: sustentabilidade e contribuição no setor de produção de aço***, apresenta resultados de pesquisas realizadas com o intuito de identificar as espécies agronômicas e florestais para a composição de quebra-ventos, em ambiente industrial, na ArcelorMittal Tubarão. Para maior eficácia, foi realizado um estudo comparativo entre o desenvolvimento das plantas em ambiente industrial, diretamente influenciado pela ação antrópica, e em ambiente livre de ação antrópica, em condições naturais de Mata Atlântica.

Nos diferentes capítulos desta publicação, são apresentados os trabalhos de avaliação da capacidade das espécies em suportar as variações nas condições ambientais e sua adaptação à presença de materiais particulados, destacando-se as respostas ao manejo de solo e sua interferência nas características física e química; disponibilidade de nutrientes e recomendação de adubação; presença de matéria orgânica; monitoramento de metais pesados; respostas aos tratamentos culturais; análises dendrométricas, qualitativas e de sobrevivência; comportamento fisiológico, como também retenção de materiais particulados pelo dossel vegetativo.

Agradecemos aos autores pela contribuição para o sucesso desta obra.

Aureliano Nogueira da Costa – Incaper / Fundagres Inovar

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ORIGEM E APLICAÇÃO DE QUEBRA-VENTOS

Aureliano Nogueira da Costa
Cesar Junio de Oliveira Santana
Adelaide de Fátima Santana da Costa
Pedro Luís Pereira Teixeira de Carvalho
Maria da Penha Padovan
Letícia Pereira Rocha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0282230031>

CAPÍTULO 2..... 20

CINTURÃO VERDE DA ARCELORMITTAL TUBARÃO

Bernardo Enne Corrêa da Silva
João Bosco Reis da Silva
Ramon Melo Gonçalves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0282230032>

CAPÍTULO 3..... 35

ESTUDOS DE EFICIÊNCIA DE CONTROLE DO CINTURÃO VERDE

Bernardo Enne Corrêa da Silva
João Bosco Reis da Silva
Guilherme Corrêa Abreu
Luciana Corrêa Magalhães

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.028223003>

CAPÍTULO 4..... 43

ESPÉCIES ARBÓREAS PARA INSTALAÇÃO DE QUEBRA-VENTOS

Aureliano Nogueira da Costa
Reynaldo Campos Santana
Cesar Junio de Oliveira Santana
Israel Marinho Pereira
Pedro Luís Pereira Teixeira de Carvalho
Charles Falk

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0282230034>

CAPÍTULO 5..... 53

METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DA ADAPTAÇÃO DE ESPÉCIES AGRONÔMICAS E FLORESTAIS COMO QUEBRA-VENTOS EM AMBIENTES SIDERÚRGICOS

Aureliano Nogueira da Costa
Pedro Luís Pereira Teixeira de Carvalho
Adelaide de Fátima Santana da Costa
Diolina Moura Silva

Bernardo Enne Corrêa da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0282230035>

CAPÍTULO 6..... 69

FERTILIDADE DE SOLOS DE CINTURÃO VERDE EM AMBIENTES INDUSTRIAIS

Aureliano Nogueira da Costa
Bernardo Enne Corrêa da Silva
Rogério Carvalho Guarçoni
Adelaide de Fátima Santana da Costa
Marco Aurélio de Abreu Bortolini

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0282230036>

CAPÍTULO 7..... 87

DIAGNOSE FOLIAR E NUTRIÇÃO DE ESPÉCIES AGROFLORESTAIS CONDUZIDAS EM CINTURÃO VERDE

Aureliano Nogueira da Costa
Bernardo Enne Corrêa da Silva
Rogério Carvalho Guarçoni
Fabio Favarato Nogueira
Roberta Cristina Cotta Duarte Conde

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0282230037>

CAPÍTULO 8..... 124

AVALIAÇÕES DENDROMÉTRICAS DE ESPÉCIES AGROFLORESTAIS EM CINTURÃO VERDE

Pedro Luís Pereira Teixeira de Carvalho
Bernardo Enne Corrêa da Silva
Fabio Favarato Nogueira
Aureliano Nogueira da Costa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0282230038>

CAPÍTULO 9..... 134

EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA DE ESPÉCIES AGROFLORESTAIS UTILIZADAS COMO CINTURÃO VERDE EM AMBIENTES SIDERÚRGICOS

Diolina Moura Silva
Thaís Araujo dos Santos
Xismênia Soares Silva Gasparini
Pedro Mazzocco Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0282230039>

CAPÍTULO 10..... 152

RETENÇÃO DE MATERIAIS PARTICULADOS PELO CINTURÃO VERDE NOS PÁTIOS DE MINÉRIO E CARVÃO DA ARCELORMITTAL TUBARÃO: ESTUDO DE CASO

Aureliano Nogueira da Costa

Charles Falk
Letícia Pereira Rocha
Marco Aurélio de Abreu Bortolini
Roberta Cristina Cotta Duarte Conde
Adelaide de Fátima Santana da Costa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.02822300310>

SOBRE O ORGANIZADOR..... 162

SOBRE OS AUTORES 163

RETENÇÃO DE MATERIAIS PARTICULADOS PELO CINTURÃO VERDE NOS PÁTIOS DE MINÉRIO E CARVÃO DA ARCELORMITTAL TUBARÃO: ESTUDO DE CASO

Data de aceite: 08/02/2022

Aureliano Nogueira da Costa

Charles Falk

Letícia Pereira Rocha

Marco Aurélio de Abreu Bortolini

Roberta Cristina Cotta Duarte Conde

Adelaide de Fátima Santana da Costa

1 | INTRODUÇÃO

As coberturas florestais no meio urbano são consideradas ecossistemas compostos pela interação entre sistemas naturais e sistemas antropogênicos. Essa interação pode ser observada em Cinturões Verdes, áreas ao redor de regiões urbanas ou industriais que buscam atender a diversos objetivos, entre eles a melhoria da qualidade do ar.

O Cinturão Verde é o conjunto de toda a vegetação lenhosa que circunda e envolve os aglomerados urbanos, desde pequenas comunidades rurais até grandes regiões metropolitanas (NOWAK et al., 2001).

Uma alternativa para reduzir o arraste do material particulado é o emprego de Cinturões Verdes como forma de quebra-ventos, definidos como barreiras formadas por fileiras de árvores sistematizadas em direção perpendicular aos

ventos predominantes (IBC, 1981).

Os quebra-ventos são plantios de árvores que podem ser formados por combinações entre diversas espécies visando à redução da velocidade dos ventos para diferentes propósitos. São muitos os princípios envolvidos nessa importante tecnologia, mas no Brasil, há poucos estudos focados nessa questão, diferentemente de outros países onde pesquisadores têm se dedicado a avaliar e descrever os aspectos aerodinâmicos, os critérios mínimos de racionalidade e a maximização dos benefícios (LEAL, 1986).

Em atividades que levam ao arraste de material particulado na atmosfera, a utilização de quebra-ventos pode minimizar esse efeito. Estudos têm sido realizados buscando-se viabilizar a utilização de quebra-ventos arbóreos para essa finalidade.

Para a garantia de uma barreira eficiente na redução da velocidade desse arraste de material particulado utilizando-se quebra-ventos arbóreos, é necessário um manejo constante, visto que um povoamento florestal, seja ele diverso ou não, sofre alterações ao longo do tempo, inerentes a cada indivíduo e às interações diversas do ecossistema. Entretanto, existe uma escassez de estudos científicos sobre a sensibilidade das espécies tropicais no que se refere à questão da poluição atmosférica (SILVA, 2003).

A seleção das espécies e a combinação entre elas, associadas ao manejo, representam um diferencial. A estratificação do Cinturão Verde, ou seja, plantas mais baixas, intermediárias e mais altas, de espécies de diferentes portes, criam barreiras em várias faixas de altura. Assim sendo, a seleção e recomendações das espécies para composição do Cinturão Verde exigem manejo constante, devido às mudanças naturais, para garantir a eficiência na redução da velocidade do vento e seu potencial arraste de particulados.

Nucci (2008) afirma que, para uma área ser identificada como Área Verde, deve haver a predominância de áreas plantadas e também deve cumprir as funções estética, ecológica e de lazer.

Gomes (2005) corrobora a afirmação de que a vegetação oferece benefícios ambientais, como o combate à poluição do ar por meio fotossíntese, regulação da umidade, temperatura do ar, manutenção da permeabilidade fertilidade e umidade do solo bem como sua proteção contra a erosão, e também reduz os níveis de ruído, servindo como amortecedor do barulho das cidades.

Um Cinturão Verde se comporta como uma barreira, interceptando o ar poluído. As plantas podem remover os poluentes atmosféricos pelos mecanismos de absorção dos gases pelas folhas, deposição de material particulado na superfície das folhas e precipitação de partículas à jusante da vegetação (LAURET et al., 2011).

A biodiversidade do Cinturão Verde engloba a totalidade dos recursos biológicos, dos recursos genéticos e seus componentes, bem como a complexa relação de ecossistemas e *habitats*, assim como os processos que resultam dessa diversidade, tais como a fotossíntese, o ciclo de nutrientes e a polinização.

Assim, são inúmeras as vantagens e os benefícios de se efetivar a instalação de um Cinturão Verde em torno de um polo industrial, entre elas estão a melhoria contínua da qualidade de vida dos moradores, o aumento da biodiversidade local, a purificação de certos efluentes atmosféricos, melhorando desta forma a qualidade do ar, a capacidade de mudança térmica, amenizando a temperatura ambiente, o que proporciona uma melhoria no seu entorno, com redução de alguns dos desconfortos causados pelos processos industriais.

O presente trabalho teve como objetivo demonstrar a importância do Cinturão Verde para reter materiais particulados em ambientes siderúrgicos, além dos benefícios biológicos, físicos e paisagísticos.

2 | METODOLOGIA

A metodologia utilizada foi fundamentada na amostragem das áreas verdes da ArcelorMittal Tubarão, sendo subdivididas na área do Pátio de Minério e Pátio de Carvão, como observado na Figura 1.

Para avaliar a retenção de material particulado, realizou-se a diagnose foliar por meio da análise foliar, com amostragem das folhas coletadas em ambiente industrial. Tais folhas foram submetidas a dois diferentes métodos de análise: o convencional com lavagem das folhas antes da análise e o outro em que a análise foi realizada sem a lavagem das folhas para detectar a retenção de particulado na superfície das mesmas.

As espécies utilizadas para a realização desse trabalho foram a Aroeira Vermelha (*Schinus terebinthifolius*) e o Jamelão (*Syzygium cumini*), devido à ocorrência e a frequência das mesmas em ambas as áreas industriais.

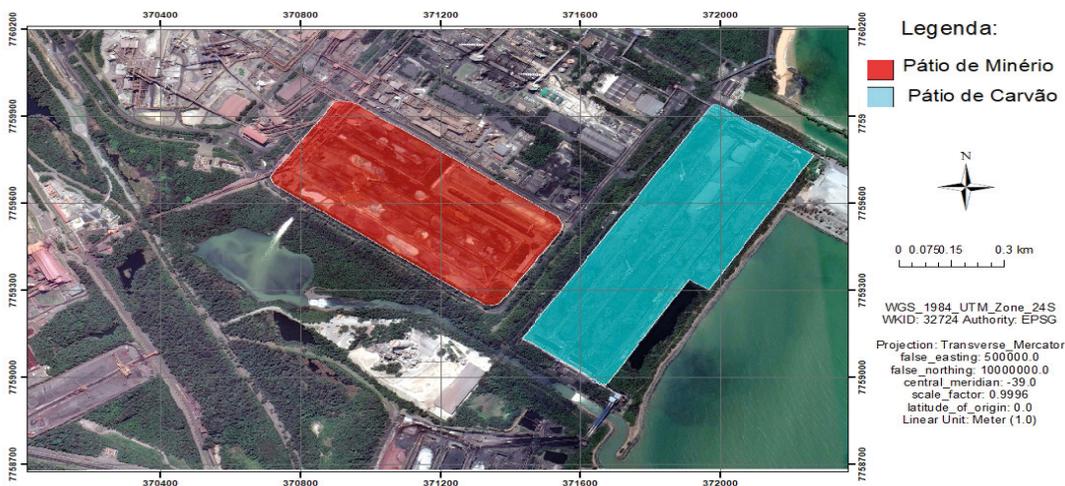


Figura 1 - Vista aérea dos Pátios de Minério e de Carvão.

Fonte: O Autor.

A espécie Jamelão foi introduzida nas áreas experimentais, após a conclusão da Fase 1, em substituição à Pata de Vaca (*Bauhinia forficata*), que não se adaptou às condições ambientais da área industrial da ArcelorMittal. Como já existiam plantas de Jamelão distribuídas aleatoriamente no entorno do parque industrial, com crescimento e desenvolvimento satisfatórios, optou-se por inserir essa espécie nas áreas experimentais para futuras avaliações.

A coleta das folhas ocorreu no mês de setembro de 2020, 5 anos após a última coleta da Fase 1, a qual foi utilizada para a avaliação da retenção de particulado nas superfícies das folhas. Realizaram-se análises foliares para o micronutriente Ferro (Fe), sendo este o principal particulado que atinge, de forma visível, as áreas urbanas no entorno da área industrial. Nos Cinturões Verde do Pátio de Minério e Pátio de Carvão, foram retiradas 20 amostras de cada espécie selecionada (Figura 2), sendo 10 para folhas lavadas e 10 para

folhas não lavadas.



Figura 2 - Coleta de folhas.

Fonte: O Autor.

3 | RESULTADOS ALCANÇADOS

Os teores de nutrientes determinados na análise química das folhas são considerados adequados à nutrição das plantas (COSTA, 1996), estabelecidos para as diversas culturas, por meio de trabalho de pesquisa. De acordo com a 5ª Aproximação do Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo (PREZOTTI et al., 2007), a faixa considerada adequada para o elemento Fe para as culturas florestais varia entre 50 a 200 mg.kg⁻¹, conforme apresentado na Tabela 1.

Cultura	MICRONUTRIENTES (mg.kg ⁻¹)				
	Fe	Zn	Cu	Mn	B
Essências florestais	50 - 200	20 - 60	05 - 15	40 - 600	20 - 70

Tabela 1 - Valores de referência para micronutrientes para essências florestais.

A análise comparativa dos resultados obtidos para os teores foliares de Fe para as duas espécies coletadas nos ambientes industriais do Pátio de Minério e Pátio de Carvão, em folhas lavadas e não lavadas, são apresentados na Tabela 2.

Área	Espécie	Condição da Folha	Ferro mg.kg ⁻¹
Pátio de Minério	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Lavada	2410
		Não Lavada	2707
	<i>Syzygium cumini</i>	Lavada	1073
		Não Lavada	1265
Pátio de Carvão	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Lavada	925
		Não Lavada	973
	<i>Syzygium cumini</i>	Lavada	442
		Não Lavada	620

Tabela 1 - Teores de micronutrientes nas espécies *Schinus terebinthifolius* e *Syzygium cumini*.

Fonte: O Autor.

Verifica-se que os teores de Fe nas folhas não lavadas são superiores aos das folhas lavadas para as duas espécies, destacando a capacidade de retenção de particulados nas superfícies das folhas das plantas no Cinturão Verde.

Para o ambiente industrial do Pátio de Minério, a variação do Fe na espécie *Schinus terebinthifolius*, entre folhas lavadas e não lavadas, foi de 2.410 a 2.707 mg.kg⁻¹, enquanto para o *Syzygium cumini*, a variação foi de 1.073 a 1.265 mg.kg⁻¹.

No Pátio de Carvão, a amplitude observada entre folhas lavadas e não lavadas foi de 925 a 973 mg.kg⁻¹ para *Schinus terebinthifolius*, e para *Syzygium cumini* permaneceu entre 442 a 620 mg.kg⁻¹.

Embora os teores de ferro nas espécies analisadas estejam acima do valor de referência, não foram observados sintomas de toxidez para este micronutriente nas espécies *Schinus terebinthifolius* e *Syzygium cumini*.

Quanto aos teores foliares do Fe, nota-se que para todas as espécies a quantidade desse elemento presente nas folhas não lavadas é superior em relação às lavadas, isso se deve à capacidade de retenção de particulados pelas plantas que compõem o Cinturão Verde (Gráfico 1).

Segundo Malavolta (2006), há vários aspectos que devem ser levados em consideração na retenção foliar de particulado de uma espécie, tais como: tricomas, pelos, cera cuticular, idade da folha, e até mesmo o meio em que a espécie está localizada. Dessa forma, é possível que, pelo fato da espécie *Schinus terebinthifolius* possuir folhas compostas, imparipinadas, com grande superfície específica, a retenção de material particulado tenha se apresentado de forma mais efetiva do que na espécie *Syzygium cumini*, que possui folhas simples, opostas e lisas (Figuras 3 e 4).

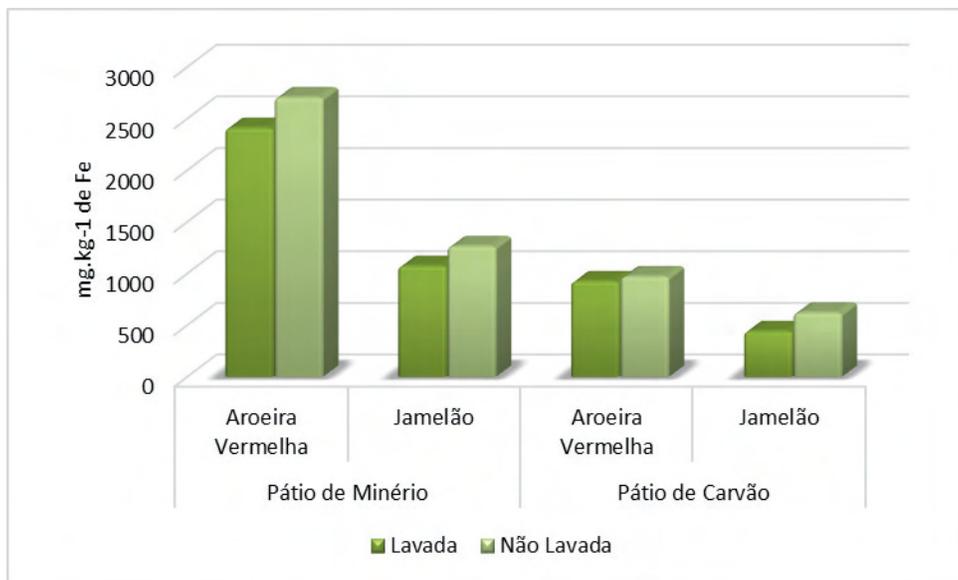


Gráfico 1 - Comparação de retenção de particulado entre as espécies.

Fonte: O Autor.



Figura 3 - Retenção de particulado na espécie *Schinus terebinthifolius*.

Fonte: O Autor.



Figura 4 - Retenção de particulado na espécie *Syzygium cumini*.

Fonte: O Autor.

Apesar do grande potencial de retenção de particulado do *Syzygium cumini*, espécie que pode chegar a 20 metros de altura, esse, no período avaliado, se encontrava em estágio de desenvolvimento diferente em relação à *Schinus terebinthifolius*, apresentando um dossel menos denso com área foliar menor, o que proporciona menor retenção de particulado.

Esses resultados destacam a importância das espécies vegetais na sua eficiência como barreira vegetal ou quebra-vento por atenderem à finalidade de retenção de material particulado além da sua contribuição na redução da velocidade do vento, com potencial para minimizar esse araste.

Um importante indicador dos benefícios do Cinturão Verde ou quebra-vento é a sua contribuição para a preservação da biodiversidade, que foi comprovada pela presença de indicadores biológicos, como aves, fungos, insetos, anfíbios, dentre outros, o que, por si só, indicam que o ambiente propiciado pelo Cinturão Verde se torna facilitador do trânsito da fauna local (Figura 5).



Figura 5 - Biodiversidade encontrada no Cinturão Verde.

Fonte: O Autor.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados demonstraram que as espécies vegetais analisadas foram eficientes como barreira vegetal ou quebra-vento, a qual tem a finalidade de contribuir para a redução da velocidade do vento e a retenção de material particulado.

O estudo comparativo dos resultados das análises químicas utilizando os procedimentos de folhas lavadas e folhas não lavadas mostrou, de maneira geral, maiores teores para os micronutrientes foliares nas folhas não lavadas, destacando a eficiência do Cinturão Verde na retenção de particulados.

A análise do micronutriente ferro identificou maior concentração no Pátio de Minério em relação ao Pátio de Carvão, devido à movimentação local e o tipo de material armazenado.

A maior concentração de ferro na superfície das folhas se deu na espécie *Schinus terebinthifolius*, devido ao tipo de folha com maior superfície específica e consequentemente

apresentarem maior capacidade de retenção, além deste elemento estar presente em grande quantidade nas partículas em suspensão.

A cobertura verde e agroflorestal, além de contribuir com a variação da temperatura, contribui com a produção de biomassa e a manutenção da matéria orgânica do solo, que propicia uma melhor infiltração e manutenção da umidade, favorecendo o crescimento de micro-organismos. Reduz também o impacto da chuva diretamente no solo, diminuindo os processos erosivos.

Além da capacidade de reter particulados e diminuir a velocidade do vento, os Cinturões Verdes possuem um importante papel na melhoria da qualidade do ar no seu entorno e do microclima local; proporcionam temperatura e umidade mais amenas, bem como promovem a manutenção da biodiversidade com presença de indicadores biológicos, o que favorece o equilíbrio e a estabilidade dos ecossistemas.

A preservação dessa diversidade compõe o patrimônio natural da Mata Atlântica e dos ecossistemas costeiros.

REFERÊNCIAS

COSTA, A. N. da. Uso do Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS) no mamoeiro. In: MENDES, L. G.; DANTAS, J. L. L.; MORALES, C. F. G. **Mamão no Brasil**. Cruz das Almas, BA: EUFBA/EMBRAPA-CNPMP, 1996. p. 49 - 55.

GOMES, M. A. S. **As praças de Ribeirão Preto-SP: uma contribuição geográfica ao planejamento e à gestão dos espaços públicos**. 204 f. 2005. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Uberlândia, 2005.

IBC – Instituto Brasileiro do Café. **Cultura do café no Brasil**. Rio de Janeiro. 1981, 315 p.

LAURET, T. M.; DE PAULA, R. R. C. **Estudo experimental em túnel de vento: análise da capacidade de um cinturão verde reter material particulado em indústria de mineração**. 2011. Disponível em: <http://jic.ifes.edu.br/_legado/jornada_2010_2011/anais/T2614.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2021.

LEAL, A. C. **Quebra-ventos arbóreos: aspectos fundamentais de uma técnica altamente promissora**. Curitiba: IAPAR, 1986. (Informe de Pesquisa, n. 67). Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/IP67.Pdf>. Acesso em: 03 jun. 2021.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 639 p.

NOWAK, D. J.; NOBLE, M. H.; SISINNI, S. M.; DWYER, J. F. People and trees: Assessing the US Urban Forest Resource. **Journal of Forestry**, v. 99, n. 3, 2001. p. 37 - 42.

NUCCI, J. C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP)**. Edição do autor, 2008. 150 p.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. de. **Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo – 5ª aproximação**. Vitória, ES: SEEA/ Incaper/Cedagro, 2007. 289 p.

SILVA, L. C. **Avaliações bioquímicas, fisiológicas e anatômicas dos efeitos de poluentes atmosféricos sobre espécies vegetais.** 2003. 109 f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

SOBRE O ORGANIZADOR

AURELIANO NOGUIERA DA COSTA- é Engenheiro Agrônomo, Mestre em Fitotecnia e Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, com mais de 30 anos de experiência em pesquisa, desenvolvimento e inovação, com foco em fertilidade, manejo e conservação de solos e também nutrição e adubação de espécies agronômicas e florestais. Possui notório saber nas áreas de gestão ambiental e sustentabilidade, agroecologia, uso de biossólido na agricultura, manejo de bacias hidrográficas, recuperação de cobertura vegetal e de nascentes, manejo agroflorestal e recuperação de áreas degradadas, indicadores de qualidade de solos, medidas de controle de arraste de materiais sólidos particulados de ambientes industriais para áreas urbanas e identificação de espécies vegetais que melhor se adaptam ao cultivo em Cinturão Verde sob condições edafoclimáticas adversas.

SOBRE OS AUTORES

ADELAIDE DE FÁTIMA SANTANA DA COSTA- Engenheira Agrônoma, Doutora em Fitotecnia, Pesquisadora do Incaper. Vitória - ES
<http://lattes.cnpq.br/0095551253223381>

AURELIANO NOGUEIRA DA COSTA- Engenheiro Agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador do Incaper. Vitória - ES
<http://lattes.cnpq.br/0286550882565992>

BERNARDO ENNE CORRÊA DA SILVA- Biólogo, Especialista em Gestão Ambiental, Gerente de Sustentabilidade e Meio Ambiente - ArcelorMittal Tubarão. Vitória - ES
<http://lattes.cnpq.br/6134491231055828>

CESAR JUNIO DE OLIVEIRA SANTANA- Engenheiro Florestal, Doutor em Engenharia Florestal - Manejo Florestal Remsoft Integrator Technology, REMSOFT. Canadá
<http://lattes.cnpq.br/5101276943283128>

CHARLES FALK- Tecnólogo de nível superior em Saneamento Ambiental, MBA em Gestão Ambiental, Pesquisador-bolsista da Fundagres Inovar. Vitória - ES
<http://lattes.cnpq.br/4513341962615510>

DIOLINA MOURA SILVA- Bióloga, Doutora em Fisiologia Vegetal, Professora da UFES. Vitória - ES
<http://lattes.cnpq.br/0341541450627705>

FABIO FAVARATO NOGUEIRA- Engenheiro Florestal, Pesquisador-bolsista da Fundagres Inovar. Vitória - ES
<http://lattes.cnpq.br/5763251948745059>

GUILHERME CORRÊA ABREU - Engenheiro Industrial Mecânico, Doutor em Engenharia Mecânica, Gerente Geral de Relações Institucionais de Sustentabilidade - ArcelorMittal Brasil. Belo Horizonte – MG
<http://lattes.cnpq.br/7644840213741072>

ISRAEL MARINHO PEREIRA- Engenheiro Florestal, Doutor em Engenharia Florestal, Professor da UFVJM Diamantina – MG
<http://lattes.cnpq.br/4731214583033664>

JOÃO BOSCO REIS DA SILVA- Engenheiro Mecânico, MBA Gestão de Negócios e Especializações em Gestão Ambiental e Qualidade e Produtividade. Gerente Geral de Sustentabilidade e Relações Institucionais - ArcelorMittal Tubarão. Vitória - ES

LETICIA PEREIRA ROCHA- Engenheira de Produção, Pesquisadora-bolsista da Fundagres Inovar. Vitória - ES
<http://lattes.cnpq.br/9345301196430200>

LUCIANA CORRÊA MAGALHÃES- Engenheira Metalurgista, Mestre em Engenharia Mecânica, Gerente de Meio Ambiente e Coprodutos ArcelorMittal Aços Longos Brasil – Industrial, Metálicos e Comercial. Belo Horizonte – MG
<http://lattes.cnpq.br/2630964884982007>

MARIA DA PENHA PADOVAN- Bióloga, Doutora em Sistemas Agroflorestais, Agente de Desenvolvimento Rural do Incaper. Vitória - ES
<http://lattes.cnpq.br/1491523303247538>

MARCO AURÉLIO DE ABREU BORTOLINI- Engenheiro Ambiental, Especialista em Educação Ambiental e Sustentabilidade, Pesquisador-bolsista da Fundagres Inovar. Vitória - ES
<http://lattes.cnpq.br/7058579783181610>

PEDRO LUÍS PEREIRA TEIXEIRA DE CARVALHO- Engenheiro Florestal, Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas, Gerente de Agroecologia e Produção Vegetal - SEAG. Vitória - ES
<http://lattes.cnpq.br/5151792967632926>

PEDRO MAZZOCCO PEREIRA- Biólogo, Doutor em Biologia Vegetal - UFES. Vitória - ES
<http://lattes.cnpq.br/4312892719856159>

RAMON MELO GONÇALVES- Especialista em Patologia da Construção Civil – ArcelorMittal Tubarão. Vitória – ES

REYNALDO CAMPOS SANTANA- Engenheiro Florestal, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Pós-Doutor pela University of Florida/UF, Professor da UFVJM . Diamantina - MG
<http://lattes.cnpq.br/3588575605488750>

ROBERTA CRISTINA COTTA DUARTE CONDE- Engenheira Agrônoma e Bióloga, Pesquisadora-bolsista da Fundagres Inovar. Vitória - ES
<http://lattes.cnpq.br/672469855829620>

ROGÉRIO CARVALHO GUARÇONI- Engenheiro Agrícola, Doutor em Produção Vegetal, Pesquisador do Incaper. Vitória - ES
<http://lattes.cnpq.br/2239890092242136>

THAÍS ARAUJO DOS SANTOS- Bióloga, Doutora em Biologia Vegetal, Pós-doutoranda em Biologia Vegetal - UFES. Vitória - ES
<http://lattes.cnpq.br/1391606489278570>

XISMÊNIA SOARES SILVA GASPARINI- Bióloga, Mestre em Biologia Vegetal, Doutoranda em Biologia Vegetal - UFES. Vitória - ES
<http://lattes.cnpq.br/1150395422533450>

Cinturão Verde:

Sustentabilidade e contribuição no setor de produção de aço

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br



Cinturão Verde:

Sustentabilidade e contribuição no setor de produção de aço

- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉ contato@atenaeditora.com.br
- 📷 @atenaeditora
- 📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

