

## AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DE ESPÉCIES FLORESTAIS NA COMPOSIÇÃO DE QUEBRA-VENTOS EM PÁTIOS DE ESTOCAGEM DE CARVÃO DA ARCELORMITTAL TUBARÃO

### **Aureliano Nogueira da Costa**

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência  
Técnica e Extensão Rural  
Vitória – Espírito Santo

### **Fabio Favarato Nogueira**

Fundação de Desenvolvimento Agropecuário do  
Espírito Santo  
Vitória – Espírito Santo

### **Pedro Luís Pereira Teixeira de Carvalho**

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência  
Técnica e Extensão Rural  
Vitória – Espírito Santo

### **Bernardo Enne Corrêa da Silva**

ArcelorMittal Tubarão  
Serra – Espírito Santo

### **Maria da Penha Padovan**

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência  
Técnica e Extensão Rural  
Vitória – Espírito Santo

**RESUMO:** A estocagem de matéria-prima em pátios das empresas siderúrgicas gera um passivo ambiental devido ao arraste de material particulado ocasionado pela ação dos ventos. Assim, destaca-se a importância de desenvolvimento de tecnologia e inovação para identificar soluções que promovam a redução da velocidade do vento e do seu impacto no arraste de particulado. Nesse

contexto, foram instalados experimentos para identificar espécies agronômicas e florestais para composição de quebra-vento arbóreo no entorno das pilhas de estocagem de carvão. Os quebra-ventos arbóreos são barreiras vegetais que tem a finalidade de interceptar o fluxo de ar e reduzir a velocidade dos ventos. O objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento e desenvolvimento em altura de 8 espécies arbóreas com potencial para composição de quebra-ventos. Os experimentos foram instalados na face sudeste do pátio de estocagem de carvão da ArcelorMittal Tubarão, situada no município de Vitória, ES – Brasil. Por se tratar de região de aterro marinho, foi construído um talude na dimensão de 3,5 m de altura, 300 m de extensão e 11 m de largura, na proporção de 60% de terra vermelha, 30% terra da camada superficial de solo e 10% de material orgânico. O plantio de mudas de 8 espécies arbóreas foi realizado em novembro de 2015, no espaçamento de 1,5 x 1,5 m, em quincênio, sendo que as médias de altura foram submetidas a análise de variância e comparadas pelo Teste Tukey a 5% no software Genes. Os híbridos *toreliodora* e *urograndis*, e as espécies *Corymbia toreliana* e *Corymbia citriodora* tiveram o maior desenvolvimento atingindo 5,83, 5,77, 5,46 e 5,01 metros respectivamente. Jamelão, ficus e manga obtiveram o menor desenvolvimento, 3,36, 2,63

e 2,43 metros de altura.

**PALAVRA-CHAVE:** quebra-ventos, agrofloresta, pátios de estocagem, sistemas

**ABSTRACT:** In steel companies, the stock of raw material generates environmental liabilities due to the particulate matter spreading caused by the winds action. An alternative to the scatter reduction is the use of windbreaks around the stockpiles. Tree-windbreakers are vegetable barriers that aim airflow interception and wind speed reduction. The proposal of this paper was to evaluate eight tree species performance as windbreaks by the tree height measuring. Experiments were installed at ArcelorMittal Tubarão coal storage yard, located in the city of Vitória, Espírito Santo state - Brazil. As the experiment area was a landfill region, an embankment (3.5m high, 300 m long and 11m wide) was built being 60% red soil, 30% top soil and 10% organic matter. The seedlings (1.5 x 1.5m) were settled in November 2015 and monitored after a year. Data were submitted to variance analysis and compared by the Tukey Test (5%) by using Genes software. Hybrids *toreliodora* and *urograndis*, and species *Corymbia toreliana* and *Corymbia citriodora* presented the highest development reaching 5.83, 5.77, 5.46 and 5.01 meters respectively, while Jamelão, ficus and mango had the lowest with 3.36, 2.63 and 2.43 meters high.

**KEYWORDS:** windbreaks, agroforestry, storage yards.

## 1 | INTRODUÇÃO

A mineração é uma das atividades econômicas primordiais, já que a partir da produção de bens primários, irá prover insumos para diversas outras atividades econômicas, desde a agricultura até a indústria. (HERRMANN,2000).

O minério de ferro consiste na matéria prima essencial para diversos setores (NEUMANN et al., 2004).

Na indústria siderúrgica o minério de ferro, como sua principal matéria prima, é utilizado a partir do seu transporte e armazenamento nos pátios de estocagem (CHAVES e FERREIRA, 1996).

Porém, com a incidência dos ventos sobre as pilhas de estocagem a céu aberto, há o desprendimento da poeira do minério de ferro, e conseqüentemente o arraste do material particulado para a atmosfera (CHAVES e FERREIRA, 1996).

De acordo com a Usepa e a Who (2005), o material particulado, conhecido como poeira ou fumaça, é um poluente atmosférico composto por uma combinação de pequenas partículas líquidas e sólidas suspensas no ar, sendo a forma mais perceptível de poluição do ar em um centro urbano.

Assunção (1998) define poluição atmosférica como um fenômeno resultante especialmente das atividades humanas, que se amplia ainda mais com o crescimento industrial. Destaca-se ainda que um poluente atmosférico é qualquer forma de matéria sólida, líquida ou gasosa, que presente na atmosfera pode torna-la poluída, assim

como o material particulado derivado do minério de ferro.

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 se comportam como uma barreira, de modo a inibir o fluxo de ar diminuindo a velocidade do vento. Dessa forma, os cinturões verdes auxiliam na redução dos poluentes atmosféricos por três mecanismos: absorção de gases pelas folhas, destituição de material particulado na superfície das folhas e precipitação de partículas à jusante da vegetação (LAURET et al., 2011).

Os quebra-ventos reduzem a velocidade do vento a uma distância equivalente à sua altura, dependendo da área sob proteção. Os quebra-ventos podem ser dispostos em fileiras únicas ou múltiplas, com uma ou várias espécies. (OBOHO & NWOBOSHI, 1991).

Os aspectos técnicos para a implantação dos quebra-ventos como altura, distância a ser protegida entre as barreiras, comprimento, densidade, espessura, disposição perpendicular, velocidade e direção do vento, composição e estrutura (espécies utilizadas), independentemente do material a ser utilizado, são fundamentais e determinantes para o sucesso dessa prática. (LEAL, 1896)

E entre os diversos tipos de sistema adotados na composição (formação) de quebra ventos arbóreos existem os sistemas agroflorestais. Os Sistemas Agroflorestais (SAF's) são modelos de cultivos que mais se assemelham a floresta natural e que, por isso, são considerados como expressivas possibilidades de uso sustentável do ecossistema tropical úmido (ALMEIDA, MÜLLER e SENA-GOMES, 2002; NAIR, 1993).

O sistema tem sido utilizado eficientemente para acelerar os processos de restauração de ecossistemas (MONTAGNINI 1992; AMADOR 2003). As características de alta biodiversidade e a múltipla estratificação do sistema pode contribuir para o estabelecimento de quebra-ventos constituindo uma eficiente barreira física além de outras vantagens.

A tecnologia beneficia as características físicas, químicas e biológicas do solo, controla a erosão do solo, diminui as variáveis microclimáticas, recupera fragmentos florestais, fixa o nitrogênio, aumenta o teor de matéria orgânica e modifica a paisagem (MEDRADO, 2000).

Partindo desse pressuposto, esse estudo tem por objetivo avaliar o desenvolvimento em altura de espécies florestais com potencial para a composição de quebra-ventos em pátios de estocagem da indústria ArcelorMittal Tubarão, com o objetivo de reduzir a velocidade dos ventos que incidem nas pilhas de estocagem e conseqüentemente reduzir o arraste de material particulado para as regiões circunvizinhas.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área experimental adjacente ao pátio de estocagem de carvão da empresa ArcelorMittal Tubarão, situada no município de Vitória – ES, com coordenadas geográficas 40°13'27,6" W e 20°15'27,5" S ao nível do mar.

O clima da região, segundo classificação de Köppen, é tropical chuvoso (Aw), apresentando verão chuvoso e outras estações parcialmente secas. A temperatura média anual é de 24,8°C, pluviosidade média em torno de 1100 mm e temperaturas anuais variando entre 11,8°C e 34°C no mês mais frio e quente respectivamente.

Para a implantação do experimento na área industrial, devido ao local ser caracterizado por um aterro marinho com solo compactado e pedregoso, foi necessário a construção de talude para plantio das espécies florestais.

O talude foi construído em dimensões de 300 metros de extensão, 11 metros de largura da base, 5 metros de largura da crista e 3,5 metros de altura (figura 1), utilizando 60% de terra vermelha, 30% de terra preta e 10% de material orgânico.

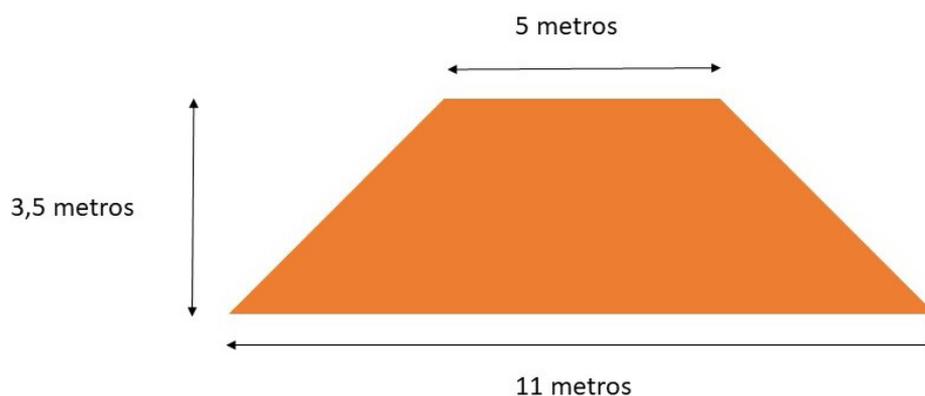


Figura 1. Perfil do talude construído para o plantio das espécies florestais.

Fonte: O autor

A seleção das espécies se deu na busca da manutenção da porosidade uniforme do quebra-vento na área experimental, separando em três extratos a barreira de vento, sendo eles o extrato baixo, médio e alto.

Para a composição de cada extrato foram selecionadas espécies com o desenvolvimento em altura compatível com o proposto, de forma que no extrato baixo as árvores devem atingir entre 3 e 7 metros, para o extrato médio a altura deve variar entre 7 e 15 metros e para o extrato alto as árvores devem ultrapassar os 15 metros de altura.

Além da classificação em desenvolvimento em altura, foram levados em considerações diversos fatores relativos às espécies florestais, sendo eles:

- Adaptação edafoclimática;
- Rusticidade;
- Tipo de folhas;
- Porte;
- Velocidade de crescimento;
- Ciclo de vida;
- Queda das folhas;
- Bioma de origem.

Para a interação de todas as características desejadas, foi elaborado um sistema de classificação atribuindo notas para cada critério considerado (tabela 1 e tabela 2), escolhendo as espécies com as notas mais altas dentre um universo de espécies levantadas.

Crescimento em Altura			Nota
Porte Alto	Porte Médio	Porte Baixo	
Superior a 25m	Entre 12 e 15m	Entre 5 e 7m	3
Entre 20 a 25m	Entre 10 e 12m	Entre 3 e 5m	2
Entre 15 e 20m	Entre 7 e 10m	Abaixo de 3m	1

Tabela 1. Notas atribuídas para o critério de crescimento em altura.

Velocidade de Crescimento	Rápido	Moderado	Lento
Nota	6	4	2
Ciclo de Vida	Acima de 40 anos	20 a 40 anos	Abaixo de 20 anos
Nota	3	2	1
Queda de Folhas	Perenifólia	Semicaducifólia	Caducifólia
Nota	3	2	1
Copa	Densa	Média	Rala
Nota	6	4	2
Bioma de Origem	Mata Atlântica	Outro Bioma Brasileiro	Exóticas
Nota	3	2	1

Tabela 2. Notas atribuídas para os critérios de velocidade de crescimento, ciclo de vida, queda e folhas, densidade de copa e bioma de origem.

Dessa forma, levando em consideração os parâmetros e sistemática adotados, dentro do universo de espécies florestais levantadas para a composição dos estudos, chegou-se ao número de 8 espécies, 2 pertencentes ao bioma mata atlântica e 6

espécies exóticas, conforme observado na tabela 3.

Nome Científico	Nome Popular
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Aroeira vermelha
<i>Ficus clusiifolia</i> Schott	Ficus
<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	Jamelão
<i>Mangifera indica</i> L.	Mangueira
<i>Corymbia citriodora</i> (Hook.) K.D Hill & L.A.S. Johnson x <i>Corymbia torelliana</i> F. Muell.	Eucalipto Toreliodora
<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake x <i>Eucalyptus grandis</i> Hill ex Maiden	Eucalipto Urograndis
<i>Corymbia torelliana</i> F. Muell.	Eucalipto Toreliana
<i>Corymbia citriodora</i> (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson	Eucalipto Citriodora

Tabela 3. Espécies selecionadas para composição dos ensaios de quebra-ventos na ArcelorMittal Tubarão.

O plantio das espécies selecionadas foi realizado em novembro de 2015, seguindo espaçamento de 1,5 x 1,5 metro em forma de quincôncio, reduzindo o efeito da criação de corredores de ventos entre as plantas.

Com isso, o talude tomou configuração com 7 linhas de plantio, sendo 3 na crista compostas pelas espécies de porte médio e alto, e duas linhas em cada lateral, compostas pelas espécies classificadas de porte baixo e médio.

As recomendações de adubação e calagem foram realizadas em reposta às análises químicas do solo e baseadas na 5ª aproximação do manual de recomendação de adubação para as culturas cultivadas no estado do Espírito Santo (PREZOTTI et al., 2007).

O monitoramento de altura foi realizado aos 24 meses após o plantio, por meio de régua telescópica. Os dados coletados foram submetidos a análise de variância ao nível de significância de 5% e as médias de altura comparadas por meio de teste Tukey utilizando o software Genes da Universidade Federal de Viçosa (CRUZ, 1997).

O experimento foi conduzido por meio do delineamento em blocos casualizados com 8 repetições (espécies) e 9 blocos, sendo a fonte de variação a proximidade com o mar e incidência do spray marinho que incidem nas plantas.

### 3 | RESULTADO E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos, houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade para o desenvolvimento em altura das plantas, conforme observado na tabela 4.

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F
Bloco	8	1,5964	0,19955	
Tratamento	7	124,5238	17,78911	257,06*
Resíduo	56			
Total	71	129,9955		

Tabela 4. Análise de variância referente à altura das plantas.

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

De acordo com a significância observada na análise de variância, as médias foram comparadas por meio do teste Tukey, sendo os resultados observados na tabela 5.

Espécie	Altura (m)
Eucalipto Toreliodora	5,83 a*
Eucalipto Urograndis	5,77 a
Eucalipto Toreliana	5,46 a
Eucalipto Citriodora	5,02 ab
Aroeira vermelha	3,75 bc
Jamelão	3,36 c
Ficus	2,63 c
Mangueira	2,43 c
Média	4,28

Tabela 5. Comparação da média de altura das plantas.

\*Médias seguidas pela mesma letra não apresentam diferença significativa pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As espécies do gênero *Corymbia*, *toreliodora*, *urograndis*, *toreliana* e *citriodora*, apresentaram os maiores desenvolvimentos em altura observando médias de altura de 5,83, 5,77, 5,46 e 5,02 metros respectivamente, não demonstrando diferença estatística significativa.

Esta superioridade no desenvolvimento é explicada pelo longo trabalho de melhoramento genético realizado em diversas espécies e híbridos interespecíficos deste gênero.

De acordo com Assis (2016) os estudos com melhoramento genético do gênero *Corymbia* tiveram início a partir do ano de 1904 por meio de pesquisas desenvolvidas pelo Dr. Edmundo Navarro de Andrade. O início das pesquisas se deu com a introdução de espécies com o objetivo de identificar a adaptação edafoclimática no Brasil para o fornecimento de madeira e para a geração de energia e uso em diferentes áreas (FERREIRA; SANTOS, 1997; SILVA; BARRICHELLO 2006).

Entretanto, o grande salto no melhoramento genético brasileiro do gênero se deu a partir da década de 1960, com incentivos fiscais do governo, com volumosos plantios em todo o Brasil para atender as mais variadas finalidades (SILVA; BARRICHELO,

2006; ASSIS, 2016).

Apesar disso, eucalipto citriodora não apresentou diferença estatística significativa em relação à aroeira vermelha, atingindo médias de altura de 5,02 e 3,75 metros, explicada pela qualidade das mudas de citriodora expedidas para campo, apresentando desenvolvimento desproporcional entre parte aérea e sistema radicular.

Por último, aroeira vermelha, jamelão, ficus e mangueira não se diferiram estatisticamente para a média de altura, observando médias de altura de 3,75, 3,36, 2,63, 2,43 metros.

Para essas espécies não existem programas de melhoramento relevantes para a seleção de genótipos de produção de madeira, pois economicamente o objetivo dessas espécies é a produção de frutos, aroeira, jamelão e mangueira, ou possuem madeira de baixa densidade e de baixo valor agregado, para o caso do ficus.

Além disso, essas espécies possuem desenvolvimento lento, quando comparado com o gênero *Corymbia*, porém possuem alto potencial na formação dos extratos médios e alto do quebra-vento, visto que essas espécies apresentam elevada densidade de copa.

## 4 | CONCLUSÃO

O gênero *Corymbia* é recomendado para a composição do extrato médio e alto de quebra-ventos.

A aroeira vermelha apresentou desenvolvimento em altura satisfatório de e deve ser utilizada para compor o extrato baixo de quebra-ventos.

Há a necessidade de maior observação em relação a manga, jamelão e ficus, visto o potencial de crescimento e de formação de copa dessas espécies.

## REFÊNCIAS

Almeida, C. M. V. C. de; Müller, M. W.; Sena-Gomes, A. R. e Matos, P. G. G.. 2002. **Pesquisa em Sistemas Agroflorestais e Agricultura Sustentável: Manejo do Sistema**. Workshop Latino-americano sobre Pesquisa de Cacau, Ilhéus, Bahia, 22 – 24 de outubro de 2002. Anais com resumo expandido (CD-ROM). 2002

AMADOR, D. B. Restauração de ecossistemas com sistemas agroflorestais. In: KAGEYAMA, P. Y. et al. Restauração ecológica de ecossistemas naturais. Botucatu: FEPAF, 2003. p. 333-340.

ASSUNÇÃO, J.V. Poluição atmosférica. In: CASTELLANO, E. G. ed. **Desenvolvimento Sustentado: problema e estratégias**. São Paulo, Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1998. P.271-308

ASSIS, T. F.; ABAD, J. I. M.; AGUIAR, A. M. **Melhoramento genético do eucalipto**. In: SCHUMACHER, M.V.; VIERA, M. Silvicultura do eucalipto no Brasil. Santa Maria, 2016. p. 225-247.

Brandy, D.; Garraty, D. P.; Sanches, P. 1994. **El problema mundial de la agricultura de tala y quema**. Agroforesteria en las Americas, 1 (3):14-20 1994

CHAVES, Arthur Pinto; FERREIRA, Flávio Moreira. Apostila Estocagem e homogeneização. São Paulo, 1996.

CRUZ, C. D. **Programa Genes** - Aplicativo Computacional em Genética e Estatística. VIÇOSA, MG: EDITORA UFV, 1997. v.1. 442 p.

FERREIRA, M.; SANTOS, P.E.T. **Melhoramento genético florestal dos Eucaliptos no Brasil: breve histórico e perspectivas**. In: IUFRO. CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, Salvador, 1997. Proceedings. Colombo: Embrapa/CNPF, 1997. v.1, p.14-34.

HERRMANN, H. A mineração sob a óptica legal. In: LINS, F. A. F., LOUREIRO, F. E. V. L., ALBUQUERQUE, G. A. S. Cavalcanti (Org.). **Brasil 500 anos: a construção do Brasil e da América Latina pela mineração**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2000. p. 165-178.

IBC. **Cultura do café no Brasil**. Rio de Janeiro. 1981, p.212-5.

LAURET, TATIANE MANSK; DE PAULA, REGINALDO ROSA COTTO. **Estudo experimental em túnel de vento: análise da capacidade de um cinturão verde reter material particulado em indústria de mineração**. 2011

LEAL. Quebra-ventos arbóreos: aspectos fundamentais de uma técnica altamente promissora. Informe de Pesquisa Nº 67. IAPAR – Instituto Agrônomo do Paraná. 28 pp. (1986).

MEDRADO, M. J. S. Sistemas agroflorestais: aspectos básicos e indicações. In: GALVÃO, A. P. M. (Org.). **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais 2000**

MONTAGNINI, F. Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones em los trópicos. 2a.ed. San Jose: Organización Estudios Tropicales, 1992.

NAIR, P. K. R. An introduction to Agroforestry. The Netherlands, Kluwer Academic Publishers with ICRAF. 1993. p. 496.

Neumann, R., Schneider, C.L., Neto, A.A., **Caracterização Tecnológica de Minérios**. Em: Luz, A.B., Sampaio, J.A., Almeida, S.L.M., Tratamento de Minérios. 4 a ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2004.

OBOHO, E. G.; NWOBOSHI, L.C. Windbreaks: how well do they really work? Agroforestry Today, v. 3, n. 1, p. 15-16, 1991

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. 5. Aproximação. Vitória – E.: SEEA/Incap/ Cedagro, 2007. 305 p.

SILVA, P.H.M.; BARRICHELO L.E.G. **Progressos recentes na área florestal**. In: PATERNIANI, E. Ciência, Agricultura e Sociedade. Embrapa, Brasília. p.439-456. 2006.