

Cortinas Vegetais: Usos e Conceitos



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Clima Temperado
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

DOCUMENTOS 475

Cortinas Vegetais: Usos e Conceitos

*Ernestino de Souza Gomes Guarino
Renata Rodrigues Lucas
Letícia Penno de Sousa
Adalberto Koiti Miura
Gustavo Crizel Gomes*

Embrapa Clima Temperado
BR 392 km 78 - Caixa Postal 403
CEP 96010-971, Pelotas, RS
Fone: (53) 3275-8100
www.embrapa.br/clima-temperado
www.embrapa.br/fale-conosco

Comitê Local de Publicações

Presidente

Ana Cristina Richter Krolow

Vice-Presidente

Enio Egon Sosinski

Secretária-Executiva

Bárbara Chevallier Cosenza

Membros

*Ana Luíza B. Viegas, Fernando Jackson, Marilaine
Schaun Pelufê, Sônia Desimon*

Revisão de texto

Bárbara Chevallier Cosenza

Normalização bibliográfica

Marilaine Schaun Pelufê

Editoração eletrônica

Fernando Jackson

Foto de capa

Gustavo Crizel Gomes

1ª edição

1ª Impressão (2018): 50 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Clima Temperado

C829 Cortinas vegetais: usos e conceitos / Ernestino de Souza
Gomes Guarino... [et al.]. – Pelotas: Embrapa Clima
Temperado, 2018.
20 p. (Documentos / Embrapa Clima Temperado,
ISSN 1516-8840 ; 475)

1. Quebra-vento. 2. Rede de esgoto. 3. Odor.
I. Guarino, Ernestino de Souza Gomes. II. Série.

CDD 634.9

Autores

Ernestino de Souza Gomes Guarino

Engenheiro florestal, doutor em Botânica, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Renata Rodrigues Lucas

Engenheira-agrônoma, Mestranda em Recursos Genéticos Vegetais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

Letícia Penno de Sousa

Engenheira florestal, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Adalberto Koiti Miura

Biólogo, doutor em Sensoriamento Remoto, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Gustavo Crizel Gomes

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pós-doutorando em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, convênio Embrapa/Corsan, Pelotas, RS.

Apresentação

O uso de cortinas vegetais em propriedades agrícolas, empreendimentos industriais ou estações de tratamento de água e esgoto é uma prática agroflorestal que visa atenuar diferentes impactos desses empreendimentos na paisagem, reduzindo a percepção e odor, sons indesejados ou apenas protegendo construções rurais e cultivos agrícolas do efeito deletério de fortes rachadas de vento, tão comuns no Rio Grande do Sul.

Fruto da parceria de pesquisa entre a Companhia Rio-Grandense de Saneamento (Corsan), Embrapa Clima Temperado e a Fundação de Apoio à Pesquisa e Desenvolvimento Agropecuário Edmundo Gastal (Fapeg), esta publicação compila os principais usos e apresenta os principais conceitos para o planejamento de cortinas vegetais eficientes, permitindo que agricultores e técnicos dos setores público e privado planejem e implementem tais estruturas.

Clenio Nailto Pillon
Chefe-Geral

Sumário

Introdução.....	9
Critérios para instalação e dimensionamento de cortinas vegetais	10
Altura	11
Comprimento.....	11
Espessura	11
Composição de espécies	13
Desenho estrutural e orientação	14
Principais finalidades das cortinas vegetais.....	15
Redução de odores	15
Paisagístico	16
Redução de erosão	16
Proteção de pequenas áreas	16
Proteção de pastagens e ou construções rurais	17
Proteção de culturas extensivas	17
Refúgio de vida silvestre	17
Sistemas Agroflorestais (SAFs) lineares.....	18
Referências	18
Literatura Recomendada.....	20

Introdução

Cortinas vegetais são sistemas vegetais, compostos predominantemente por árvores e/ou arbustos arranjados em grupos ou linhas, com o objetivo de redirecionar e reduzir ventos, modificando, com isso, as condições ambientais a jusante (sotavento) das áreas protegidas (Tyndall; Colletti, 2007) (Figura 1). Sua implantação, com o objetivo de atenuar efeitos sonoros e de odor, bem como harmonizar a estética paisagística de empreendimentos rurais e industriais, tem-se demonstrado uma prática bastante eficaz (IAC, 1984), porém ainda pouco difundida no Brasil (Andrade; Schacht, 2011).

Com a constante expansão de áreas urbanas, as comunidades ficaram mais próximas desses empreendimentos, sendo em alguns casos afetadas diretamente pela sua operação, como é o caso de populações no entorno de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) ou de granjas de suínos (Tyndall, 2003; Belli-Filho et al., 2007; Tyndall; Colletti, 2007; Carneiro et al., 2009). É importante ressaltar que cortinas vegetais, sozinhas, não protegem essas comunidades das emissões de odor, porém desviam e absorvem parte dos gases, além de propiciar uma ferramenta ambiental capaz de reduzir a percepção visual negativa associada a esses empreendimentos, utilizando-se como conceito a máxima: “longe dos olhos, longe da mente” (Goodrich, 2011; Tyndall; Wallace, 2011).

Além desse benefício direto atenuando odores, as cortinas vegetais também podem reduzir a erosão eólica e amenizar condições climáticas locais adversas (Leal, 1986; Conceição, 1996; Tyndall; Colletti 2007; Tyndall; Wallace, 2011), como altas temperaturas e ventos fortes, os quais, dentre outras implicações, aumentam a evapotranspiração das plantas e a perda de umidade do solo, contribuindo para a morte ou o fraco desenvolvimento das plantas por escassez de água.

Dentre outros usos das cortinas vegetais, podem ser enumerados o cerceamento para controle ou inibição de trânsito de pessoas e de animais, a proteção de mananciais, estabilização de encostas, recuperação de áreas de proteção permanente (APP), controle de espécies invasoras, proteção climática, sombreamento, barreira fitossanitária e paisagismo. Conforme o tipo de uso, as cortinas vegetais podem receber nomes especiais, como quebra-ventos, cercas vivas, barreira vegetal, sebes, renques, maciços, corbelhas e bordaduras.

O funcionamento de cortinas vegetais se fundamenta no princípio de que os ventos, ao encontrarem uma barreira física, tendem a uma mudança de direção e redução da velocidade. Esse efeito, porém, é mantido até certa distância, mas após, tende a retornar aos seus valores iniciais (Wilkinson; Elevitch, 2000). Quanto mais densa a cortina vegetal, maior é o barramento do vento (redução de velocidade), sendo a distância efetiva de proteção mais curta do que aquela obtida em cortinas vegetais porosas, as quais proporcionam menor redução de vento, porém uma área de cobertura superior (Carneiro et al., 2009). O prolongamento propiciado por barreiras porosas dá-se por meio das correntes de ar mais rentes ao solo, que passam através das partes mais baixas das árvores, impossibilitando que a corrente de ar que passa por cima da copa das árvores desça rapidamente. Assim, estende-se a redução da velocidade da massa de ar próxima ao nível do solo por uma distância de até 20 vezes a altura da parte mais alta da barreira (Guimarães; Fonseca, 1990).

Esse efeito das cortinas vegetais porosas também é desejável quando se trata de emissões gasosas. Em geral, nuvens de odor podem cobrir largas áreas e tendem a se manter ao nível do solo com movimento ascendente limitado, sendo sua percepção altamente variável entre os indivíduos (Tyndall; Wallace, 2011), com maior tendência de percepção no período noturno, quando correntes de vento de baixa a moderada velocidade e inversões térmicas são comuns (Tyndall, 2003; Tyndall; Colletti, 2007). Tais condições são ideais para a manutenção das nuvens de odor próximo ao solo. Com base nessas informações, é importante garantir que as cortinas vegetais possibilitem que

correntes de ar mais rentes ao solo passem através das partes mais baixas das árvores, auxiliando no processo de diluição e dispersão dos odores (Figura 1) (Tyndall; 2003; Tyndall; Colletti, 2007).

O presente documento é uma contribuição do Grupo de Pesquisa e Manejo da Vegetação Nativa da Embrapa Clima Temperado, fruto de sua incursão em pesquisas com cortinamento vegetal. Tem como finalidade apresentar uma breve compilação das principais informações técnicas relativas às cortinas vegetais, incluindo-se os quebra-ventos, em que são abordados conceitos sobre seu funcionamento, desenho e dimensionamento, seleção de espécies, além de relacionar os seus usos mais relevantes.

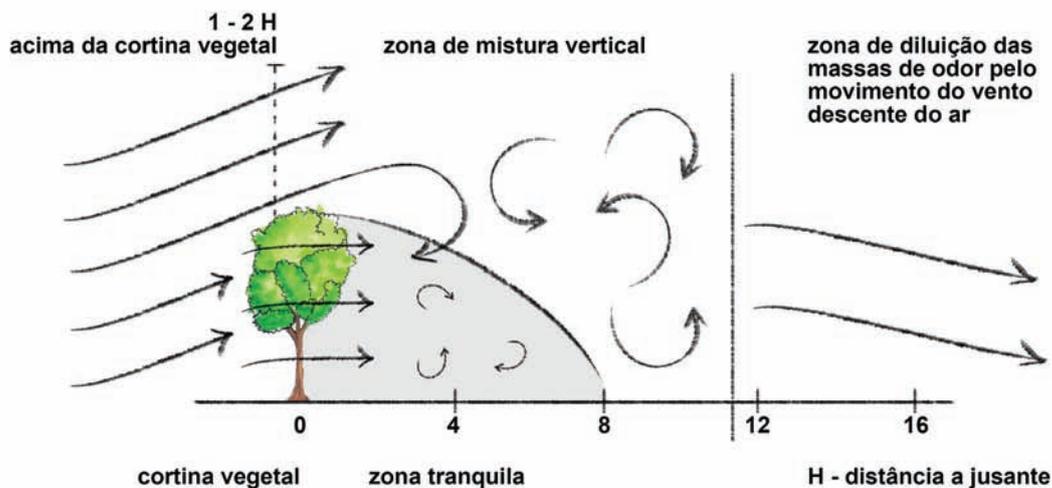


Figura 1. Zonas de tranquilidade, mistura e diluição das massas de odor (Adaptado de Tyndall; Colletti, 2007. Ilustração: Virgínia Jardim).

Quanto à atenuação dos efeitos sonoros, essa é afetada diretamente pela densidade, largura e altura da vegetação, mais do que pelas características morfológicas de suas folhas e troncos. Visando apenas a atenuação da poluição sonora, os plantios de cortinamento devem possuir no mínimo 15 metros de altura e 30 metros de largura. Essa largura se fundamenta no fato de que a atenuação do som na frequência entre 200 e 2.000 Hz é da ordem 7dB a cada 30 metros de espessura do plantio, sendo esse efeito perceptível após os primeiros 15 metros (IAC, 1984).

O objetivo deste documento é compilar e disponibilizar informações técnicas sobre a instalação (dimensionamento, seleção de espécies e desenho) e os diferentes usos dos quebra-ventos e cortinas vegetais.

Critérios para instalação e dimensionamento de cortinas vegetais

Para a instalação de cortinas vegetais, devem ser observados alguns pontos de fundamental importância para o seu bom funcionamento, entre eles conhecer a competitividade entre as espécies arbóreas a serem utilizadas como quebra-vento e os eventuais cultivos ou estruturas de construção civil estabelecidos na proximidade (Conceição, 1996). É preciso considerar também as alterações microclimáticas que serão promovidas e as questões aerodinâmicas decorrentes (Guimarães; Fonseca, 1990). De acordo com o objetivo e a área a ser protegida, será planejada a cortina vegetal, observando-se os fatores que influenciam na eficiência desse sistema (altura, comprimento, espessura, densidade, composição e estrutura) (Leal, 1986; Wilkinson; Elevation, 2000; Tyndall, 2003; Tyndall; Colletti, 2007). As interações entre esses fatores influenciarão o cálculo da área protegida

e da área de maior proteção efetiva (onde ocorre uma maior estabilidade do fluxo da corrente de ar) (Guimarães; Fonseca, 1990).

Altura

De forma geral, pode-se considerar que, quanto maior a altura da barreira, maior será sua capacidade de puxar o ar para as camadas inferiores da atmosfera. Isso porque a altura da estrutura implantada reduz proporcionalmente a amplitude e a velocidade das correntes de ar. Porém, continuando o aumento da altura, a certo ponto ocorre uma redução da relação entre essa e o crescimento da distância protegida (Leal, 1986). Com relação ao mau cheiro, por exemplo, como as massas de odor, em geral, se localizam próximo ao solo e tendem a se locomover na horizontal em relação ao terreno, a altura ideal das cortinas vegetais para a interceptação, rompimento e diluição dessas massas varia entre 6 m e 12 m (Tyndall; Colletti, 2007).

Diferentes estudos demonstram que a área de cobertura das cortinas vegetais é diretamente proporcional a sua altura, sendo que a redução da velocidade do vento é de aproximadamente 10 vezes a altura da barreira (10 H) (Leal, 1986; Wilkinson; Elevitch, 2000; Tyndall; Colletti, 2007). Essa área é comumente chamada na literatura de “zona tranquila”, devido à drástica redução da velocidade do vento (Figura 2). Porém, a maior dispersão das nuvens de odor se dá logo após essa área, na “zona de turbulência”, a qual permite que o ar da atmosfera mais baixa (carregado de partículas odoríferas), se misture ao ar descendente. Assim, os gases e as partículas odor se diluem no vento, que continua seu movimento em menor velocidade ao nível do solo (Tyndall; Colletti, 2007). Além da altura, a declividade do terreno também afeta a área de cobertura da barreira, sendo que, quanto maior a declividade do terreno, menor será a área de influência da cortina vegetal (Conceição, 1996).

Comprimento

A barreira de vegetação deve ser desenvolvida com comprimento suficiente para se evitar que ocorra a entrada de vento pelas laterais, acarretando, com isso, o aumento da velocidade do vento na faixa a ser protegida. Sendo assim, aconselha-se que o comprimento seja de, no mínimo, 20 vezes a altura da cortina vegetal (Leal, 1986; Conceição, 1996).

Espessura

A espessura ideal de uma cortina vegetal é variável, podendo ser composta de uma ou múltiplas fileiras, sendo possível encontrar estruturas com mais de cinco fileiras, de acordo com o seu objetivo (Guimarães; Fonseca, 1990). Aconselha-se, no mínimo, o plantio de fileiras duplas para evitar falhas ao longo do comprimento da barreira e, conseqüentemente, prevenir nesses pontos o “efeito jato” (Figura 3), que ocorre quando o vento penetra pelas falhas existentes e atinge grande velocidade efetiva, com valores até 20% acima do normal (Conceição, 1996). A redução de vento não é exclusivamente influenciada pela espessura das barreiras, de forma que diferentes espessuras podem ter o mesmo grau de penetrabilidade. De qualquer forma, as linhas simples de árvores devem ser evitadas, para prevenir que o efeito negativo da morte de alguma planta favoreça a permeabilidade dos ventos, e reduza a eficiência da cortina vegetal (Leal, 1986).

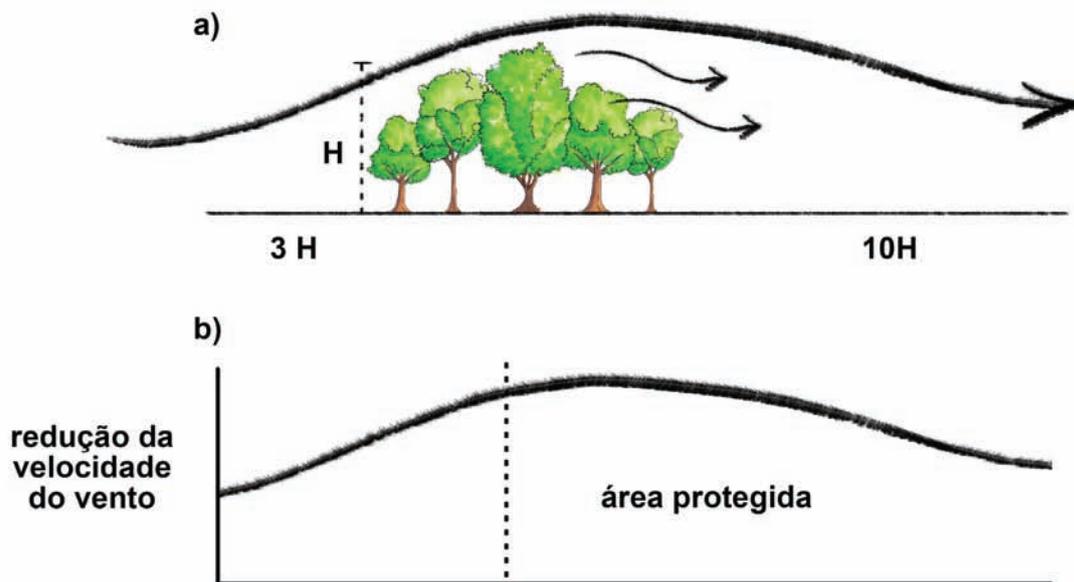


Figura 2. a) A área protegida por cortinas vegetais é de aproximadamente 10 vezes a altura da mesma ($10H$); b) curva de redução de velocidade dos ventos em relação à área protegida por cortinas vegetais (Adaptado de Wilkinson; Elevitch, 2000. Ilustração: Virgínia Jardim).

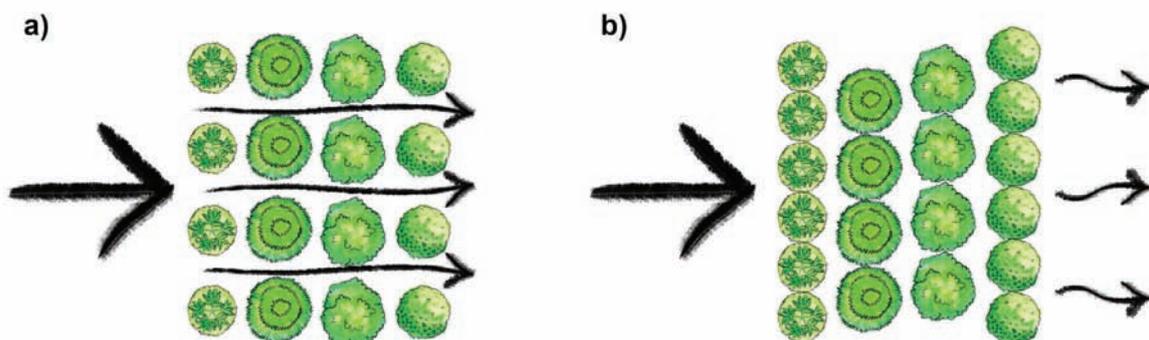


Figura 3. Espaçamentos amplos têm o potencial de acelerar o vento, criando com isso o indesejado efeito de jato (a); já espaços variáveis dentro da cortina vegetal permitem a redução da velocidade do vento e a filtragem das massas de odor (b). (Adaptado de Wilkson; Elevitch, 2000. Ilustração: Virgínia Jardim).

O ideal é que exista certa permeabilidade no barramento (Figura 3 e 4), tendo em vista que isso permite que o vento, quando passe pelo ápice das plantas mais altas, não cause fortes turbulências no interior da área a ser protegida. No entanto, quando as espécies utilizadas produzem barreiras densas, aconselha-se o manejo de podas e o raleio, a utilização de espaçamentos maiores entre indivíduos ou estabelecimento de uma gradiente de altura entre as fileiras (Figura 4).

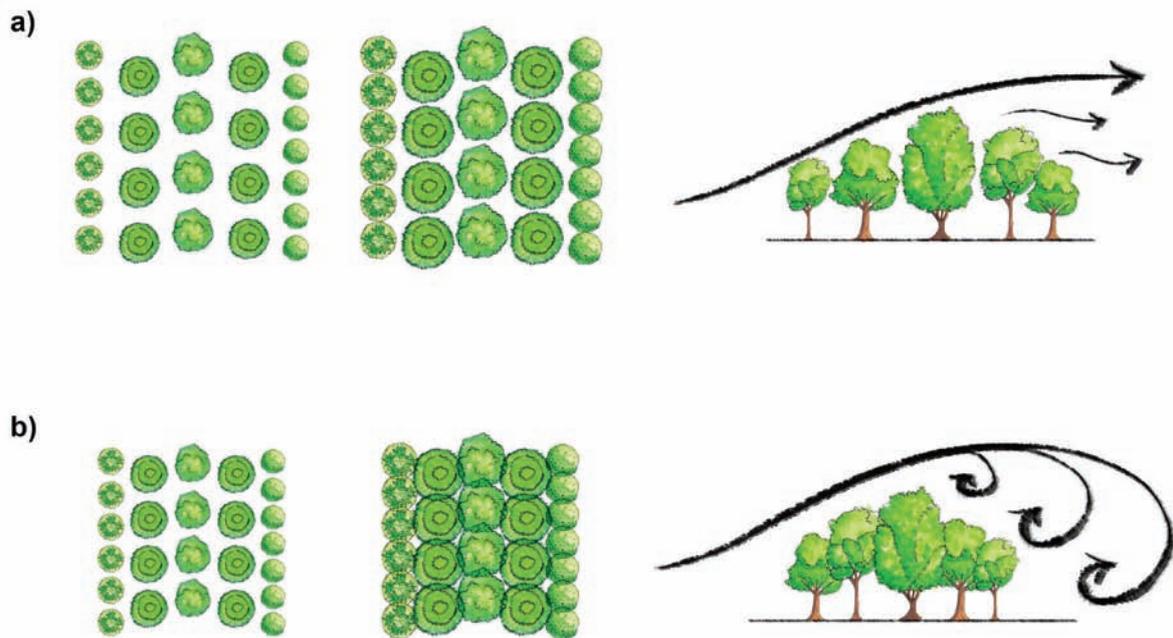


Figura 4. Esquema demonstrativo de comportamento do vento causado por diferenças na porosidade das cortinas vegetais: **a)** cortinas vegetais permeáveis; **b)** cortinas vegetais não permeáveis. É importante notar a zona de turbulência, logo após as cortinas não permeáveis, efeito indesejado quando o objetivo é dissipar massas de odor (Adaptado de Wilkson; Elevitch, 2000. Ilustração: Virgínia Jardim).

Composição de espécies

Cortinas vegetais podem ser constituídas de vegetação variada quanto às espécies, altura e densidade de copa/parte aérea das plantas, devendo-se ainda levar em conta suas características morfológicas, como espinhos no tronco, folhas, flores e frutos com potencial paisagístico ou ainda frutos atraentes à fauna ou ao consumo humano. Além disso, a adoção de plantas de maior porte ao centro e de menor porte na periferia influenciará na ascensão do fluxo da corrente de ar (Guimarães; Fonseca, 1990). Segundo Tyndall e Colletti (2007) deve-se observar, de forma geral, as seguintes características nas plantas que irão compor uma cortina vegetal que têm por objetivo amenizar o odor: 1) folhas grandes tendem a acumular uma maior quantidade de partículas; 2) folhas com maior rugosidade tendem a ter maior eficiência na captura de partículas, efeito que aumenta quando as folhas são pilosas; 3) folhas com formas complexas e elevada relação circunferência-área tendem a capturar partículas de forma mais eficiente; 4) coníferas são geralmente mais eficientes em capturar partículas do que espécies folhosas em geral; 5) as estruturas não-laminares das folhas também acumulam quantidades significativas de partículas.

No Brasil, em geral, as cortinas verdes são compostas por espécies arbóreas e arbustivas como, dentre elas, são comuns aquelas do gênero *Grevillea robusta* (grevílea), *Corymbia* spp. e *Eucalyptus* spp. (eucaliptos), *Cupressus lusitanica* (cipreste); *Mimosa caesalpinifolia* (sabiá ou sanão-do-campo); sendo que espécies herbáceas, como *Ananas bracteatus* (anânas-de-cerca), *Bromelia antiacantha* e *Bromelia balansae* (bananiha-do-mato), *Cajanus cajan* (feijão-gandu), *Saccharum officinarum* (cana-de-açúcar) e *Pennisetum* sp. (capim-elefante), são opções para o fechamento temporário das cortinas (Conceição, 1996; Dubois, 2008). Na região de clima temperado, as espécies mais adequadas são as diferentes espécies de eucaliptos e ciprestes, grevílea, *Schinus terebenthifolia* (pimenta-rosa), *Schinus molle* (anacauita, aroeira-salso, aroeira-piriquita), *Jasminum mesnyi* (jasmim-amarelo) (para mais informações e espécies, consultar Gomes et al., 2016).

Desenho estrutural e orientação

O desenho estrutural de uma cortina vegetal a se implantar depende da sua finalidade, sendo projetada levando-se em conta os critérios já mencionados. De uma forma mais ampla, existem dois tipos de quebra-ventos conforme seu desenho estrutural, os simétricos e os assimétricos (Figura 5). Os simétricos possuem a importante vantagem de minimizar a criação de vórtices a sotavento (lado oposto ao sentido do vento; Figura 5a). Os assimétricos, em contraposição aos simétricos, possuem a vantagem de ocupar uma área menor e de possibilitar um futuro manejo mais simples e fácil. Para a cortina ser eficiente nos propósitos de proteção contra ventos, odores, ruídos ou particulados, recomenda-se que sejam estabelecidos três estratos, sendo cada um composto por, pelo menos, uma fileira. Para exemplificar, o modelo assimétrico, pode-se estruturar uma cortina em que a fileira mais próxima ao que se quer proteger seja a mais alta e com espécies arbóreas de rápido crescimento, a fileira média com arbustos e a inferior com espécies arbustivas menores ou herbáceas, podendo essas serem ornamentais (Figura 5b) (Alarcón, Matzer, 2002).

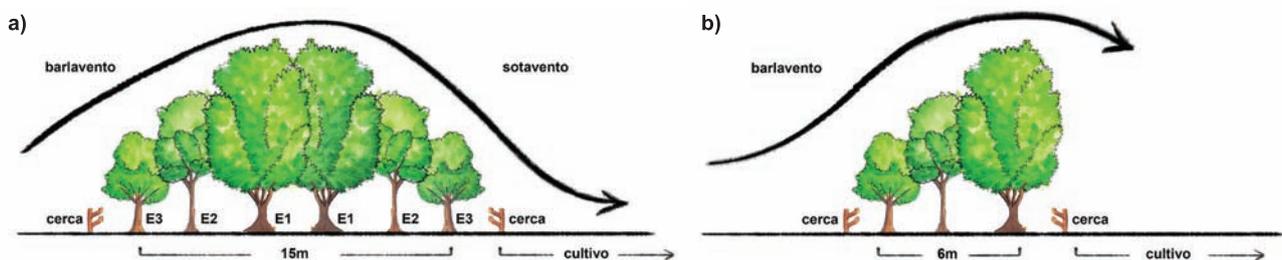


Figura 5. Tipos de cortinas vegetais ([a] simétricas e [b] assimétricas). E1: estrato alto – composto por espécies arbóreas de rápido crescimento; E2: estrato médio – composto por arbustos e árvores de médio porte; E3: estrato baixo – composto por espécies arbustivas e herbáceas, preferencialmente ornamentais. Adaptado de Alarcón e Matzer (2002). Ilustração: Virgínia Jardim.

A orientação da estrutura deve ser observada de acordo com os ventos predominantes na região e o movimento da iluminação solar. A barreira deve ser disposta perpendicularmente à incidência do vento predominante, pois a maior redução de velocidade da massa de ar é obtida com o ângulo reto de incidência do vento. Barreiras permeáveis reduzem em aproximadamente 60% a velocidade do vento, quando esse incide perpendicularmente, mas reduzem apenas 30% da velocidade inicial do vento, quando incide de forma oblíqua (ângulo de 60°) sobre as barreiras (Rollin, 1983, *apud* Guimarães; Fonseca, 1990). No entanto, não basta somente saber a direção em que o vento predominante atua. É necessário conhecer seu comportamento na área, pois isso será de grande importância para a tomada de decisão na escolha da disposição e quantidade de estruturas a serem instaladas no local. O fator radiação solar não é menos importante do que o vento predominante, pois definirá o grau de sombreamento que a barreira exercerá sobre a área de influência. As estruturas devem ser plantadas de forma a resultar no mínimo de sombreamento na área de influência, de acordo com o objetivo a que se destina. Barreiras instaladas no sentido leste–oeste tendem a fornecer sombreamento por longos períodos na área cultivada próximo às faces internas da estrutura em regiões que sofrem influência dos solstícios. Barreiras estabelecidas no sentido norte–sul fornecem sombreamento apenas momentâneo para a área cultivada.

Principais finalidades das cortinas vegetais

Redução de odores

As partículas de odor estão associadas a moléculas de água e partículas de poeira, sendo transportadas pelas correntes de ar (Colletti; Tyndall, 2002). Por isso, podem ser percebidas a longas distâncias, apesar de em diferentes intensidades, e causando diferentes efeitos colaterais, tais como irritabilidade, náuseas, perda de apetite e dores de cabeça (Scussel; Giassi, 2014). A redução dos odores por meio das cortinas vegetais se dá pela modificação das correntes de ar, somada à interação entre as partículas de odor, o vapor de água e a maior superfície foliar; essa, por sua vez, está diretamente relacionada com a espécie vegetal e a densidade a serem adotadas (Colletti; Tyndall, 2002).

A sua espessura pode variar de acordo com a disponibilidade de área no empreendimento, recomendando-se a utilização de, no mínimo, três estratos vegetais, de diferentes alturas e de forma crescente (da área externa para a interna da instalação a ser protegida), de espécies vegetais com folhas persistentes e copa densa, plantadas de forma que os espaçamentos entre linhas estejam intercalados e que o estrato inferior seja composto por plantas herbáceas, arbustos e algumas árvores de 1,5 a 4 m de altura, preferencialmente com espinhos, para atuar como barreira física de isolamento. O estrato médio poderá ser composto por árvores de porte intermediário, variando entre 4 m a 8 m de altura. O estrato superior poderá ser estabelecido por árvores de grande porte, com altura acima de 8 m (Colletti; Tyndall, 2002; Carneiro et al., 2009). A capacidade de reduzir odores e particulados das cortinas vegetais apresenta maior efetividade próxima às bordas (Colletti; Tyndall, 2002).

A disposição dos estratos, com suas respectivas características e homogeneidade, permite a verticalização dos ventos, conferindo o aumento da eficiência na minimização da dispersão de odores gerados (Carneiro et al., 2009). No caso de cortinas assimétricas e não permeáveis, a massa de ar no lado interno da barreira terá sua velocidade reduzida, resultando na baixa dispersão de odor interceptado, devido à leve turbulência ocasionada (Colletti; Tyndall, 2002).



Fotos: Ernestino Guarino

Figura 6. Cortina de vento no entorno de uma Estação de Tratamento de Esgoto da Sanepar, Curitiba/PR: **a)** cortina assimétrica composta por três estratos (E1: eucalipto; E2: diferentes espécies arbóreas e arbustivas nativas; E3: *Bambusa oldhamii*); **b)** renques de eucalipto (redução de odor) e jasmim-amarelo (efeito paisagístico) no entorno de lagoa de estabilização.

Paisagístico

A instalação de muitos empreendimentos (mineração, curtume, estações de tratamento de esgoto, etc.) tem inúmeros impactos ambientais, com ação direta sobre a natureza e, conseqüentemente, o cenário se descaracteriza com a degradação da paisagem (DNER; IME, 2001). Cortinas vegetais podem ser uma importante ferramenta para ajudar a reduzir a percepção visual negativa por comunidades vizinhas e do entorno (Tyndall; Wallace, 2011), aumentando inegavelmente o valor estético dos espaços onde são instalados. Em propriedades particulares, a presença dessas estruturas aumenta o seu valor econômico (Hanley; Kuhn, 2005).

A criação de um estímulo visual positivo na paisagem deve considerar o uso de uma gama de espécies vegetais, de forma a misturar diferentes tamanhos de árvores, arbustos e herbáceas de diferentes cores e formas, proporcionando diferentes texturas (USDA, 2016). Há uma ampla variedade de cortinas para embelezamento paisagístico, muitas vezes instaladas em áreas de descanso, rodovias, condomínios, praças e áreas verdes. Tanto em áreas urbanas como rurais, sua disposição e desenho seguem a mesma lógica de outros tipos de cortinas (Alarcón; Matzer, 2002). Para valorização estética da paisagem, podem-se combinar espécies de coníferas com espécies de folhas largas, além de valorizar características como flores vistosas, formas interessantes, brilhantes, folhas caducas com perenes, flores e frutos coloridos e persistentes ou texturas e estratos contrastantes (USDA, 2016a). Complementarmente, para que a estrutura corresponda ao propósito de paisagismo, aconselha-se atingir um grau de densidade das cortinas de 65% ou mais, a fim de gerar adequada qualidade visual, de acordo com a área disponível (Ogle et al., 2011).

Redução de erosão

As cortinas vegetais ajudam na prevenção e redução da erosão hidrológica e eólica, por meio do crescimento das raízes das plantas e por meio da interceptação da chuva pela parte aérea das plantas, tanto em áreas planas quanto naquelas com alguma declividade (Countryman; Murrow, 2002). Espécies forrageiras e outras herbáceas são tidas como parte integral de práticas para conservação de solos, no entanto, há uma crescente valorização na integração do uso de espécies lenhosas para auxiliar nesse processo. Isso porque, conforme ocorre o crescimento das plantas, suas raízes estabilizam o solo, possibilitando o surgimento de outras espécies e criando assim uma comunidade autossustentável (Wells, 1994).

Proteção de pequenas áreas

Quando o objetivo é a proteção de pequenas áreas, aconselha-se a utilização de quebra-ventos com duas fileiras, sendo as árvores localizadas no interior (face voltada para a área protegida) com maior porte do que a vegetação localizada na periferia (face que receberá o vento que será barrado), tendo-se o cuidado para evitar falhas na estrutura, para prevenir a ocorrência da canalização de ventos. As árvores devem ser plantadas de forma alternada, obedecendo a espaçamento entre fileiras de 2 m a 3 m, e entre plantas de 3 m a 4 m. Há a necessidade de manejo constante para limpeza do sub-bosque, a fim de permitir a passagem de parte da corrente de ar (Guimarães; Fonseca, 1990).

Proteção de pastagens e ou construções rurais

Para proteção de pastagens, bem como de construções rurais, é indicado o uso de quebra-ventos com várias fileiras, devido a sua múltipla finalidade. Na proteção de pastagens, as barreiras servirão também para abrigar os animais de criação, minimizando o estresse térmico em períodos de altas temperaturas, para dividir piquetes e para gerar produtos madeireiros. No caso da proteção de construções rurais, alguns cuidados devem ser observados, como, por exemplo, a distância entre a construção e a barreira, que deve ser de três a quatro vezes a altura máxima da fileira central da barreira, e o número de fileiras, que deve ser de três a quatro linhas com espaçamento de 2 m a 3 m entre linhas e entre plantas (Guimarães; Fonseca, 1990).



Foto: Ernestino Guarino

Figura 7. Cortina de vento de eucalipto para proteção de galpões e equipamentos agrícolas na Fazenda Rancho 60, Bom Jesus do Araguaia, MT.

Proteção de culturas extensivas

Para as culturas extensivas, são indicados quebra-ventos de fileiras simples, os quais são estruturados para proteger grandes áreas e são dimensionados de forma a não interferir na mecanização da lavoura. O espaçamento entre plantas deve ser amplo, variando de 4 m a 6 m, para que se atinja porosidade próxima de 50% na idade adulta. Em cultivos de árvores frutíferas, café ou seringais, estruturas de fileiras simples e formando uma rede são mais eficientes, quando implantadas no mesmo espaçamento do cultivo. A rede deve ter cada uma de suas malhas englobando de 1,5 ha a 3 ha, com a utilização de árvores com 15 m a 20 m de altura na idade adulta (Guimarães; Fonseca, 1990).

Refúgio de vida silvestre

A antropização da paisagem natural proporciona a degradação de habitat para a fauna silvestre, em pro do avanço das áreas urbanas e da agricultura, diminuindo a diversidade, devido à supressão vegetal. Essa fragmentação causa impactos econômicos, sociais, educacionais e ambientais. Objetivando recuperar esses ambientes, árvores isoladas, cercas vivas ou mesmo cortinas vege-

tais contribuem muito, inclusive com um papel importante para a proteção da fauna (Harvey et al., 2004). Nos Estados Unidos, essas estruturas são comumente chamadas de *working trees*, pois, além de gerar serviços ambientais, como melhorias na produção de plantações e/ou produção de rebanhos, filtragem e redução do escoamento de águas provenientes de tempestades, funcionam como locais seguros para a alimentação e reprodução de fauna local, promovendo ainda a diversidade e a conexão de áreas mediante a criação de corredores ecológicos para grande parte dos animais silvestres (Laurance, 2004; USDA, 2014).

Seu desenho deve ser definido considerando sua localização junto à paisagem onde será implantada. Para a criação de estruturas ótimas, é preciso ter proximidade entre cursos d'água, fontes de alimentação e permanente cobertura vegetal. A combinação de diferentes espécies vegetais nativas, como árvores e arbustos decíduais, e herbáceas perenes e anuais, promoverá a extensão da oferta de floração e frutificação aos animais silvestres, além de favorecer a melhor adaptação das cortinas vegetais às condições ambientais e de solo e de reduzir o efeito de eventuais doenças ou perda de plantas.

Uma estrutura vertical composta por diferentes camadas vegetais possibilitará que maior diversidade de fauna habite a mesma área. Por essa razão, é aconselhável a instalação de cortinas compostas por cinco ou mais estratos, abrangendo, dessa forma, camadas de dossel, sub-bosque, arbustos e forragens. Essas camadas devem ser organizadas de forma que dentro da área sejam evitadas linhas retas e sejam plantadas espécies abaixo do dossel e ao longo de toda a cortina, melhorando a sua estrutura horizontal (USDA, 2014). Conectar com vegetação perene os eventuais refúgios de fauna já existentes na localidade gera benefícios para a fauna selvagem e para o paisagismo (USDA, 2014). Entretanto, o acesso por rebanhos e animais selvagens, para funcionar adequadamente, deve ser anualmente monitorado.

Sistemas Agroflorestais (SAFs) lineares

Além da proteção da propriedade rural e da delimitação do lote, cortinas vegetais podem funcionar como áreas para produção de alimentos, madeira e lenha em diferentes compartimentos (anual ou perene), atuando de forma similar a um sistema agroflorestal (Engel, 1999; Guarino et al., 2017). Tais sistemas, conhecidos como cortinas vegetais com múltiplos propósitos (Wilkinson; Elevitch, 2000), são especialmente vantajosos em pequenas propriedades rurais, em que, com mínima área agricultável, atua como estratégia produtiva e para adequação ambiental da propriedade à legislação ambiental vigente, podendo ser contabilizados como reserva legal (Martins; Ranieri, 2014).

Referências

- ALARCÓN, C. A.; MATZER, K. **Manual de cortinas forestales**. Valvídía: Infor, 2002. 60 p.
- ANDRADE, A. C.; SCHACHT, G. L. A utilização da cortina vegetal como medida mitigadora em impacto ambiental na construção de praças de pedágio: caso da rodovia Régis Bitencourt. In: ENCONTRO ESTADUAL DE GEOGRAFIA E ENSINO, 2.; SEMANA DE GEOGRAFIA, 20., Maringá. **Anais...** 2011. p. 1090-1104.
- BELLI-FILHO, P.; SILVA, G. P.; SANTO, C. L.; LISBOA, H. M.; CARMO-JÚNIOR, G. N. C. Avaliação de impactos de odores em bacias hidrográficas com produções de suínos. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 12, n. 1, p. 252-258, 2007.
- CARNEIRO, C.; SCHEER, M. B.; CUNHA, F.; ANDREOLI, C. V. **Manual técnico para implantação de cortinas verdes e outros padrões vegetais em Estações de Tratamento de Esgoto**. Curitiba: Sanepar, 2009. v. 1, 109 p.
- COLLETTI, J.; TYNDALL, J. Shelterbelts: an answer to growing odor concerns? **Inside Agroforestry**, Spring 2002. Disponível em: <<https://www.fs.usda.gov/nac/documents/insideagroforestry/2002spring.pdf>>. Acesso em: 17 dez. 2018.

CONCEIÇÃO, M. A. F. **Critérios para instalação de quebra-ventos**. Bento Gonçalves: EMBRAPA-CNPUV, 1996. 2 p. (EMBRAPA CNPUV. Comunicado Técnico, 18).

COUNTRYMAN, D. W.; MURROW, J. C. Stop soil erosion with Alley Cropping. **Inside Agroforestry**, Fall 2001/Winter 2002. Disponível em: <<https://www.fs.usda.gov/nac/documents/insideagroforestry/2001fallwinter.pdf>>. Acesso em: 17 dez. 2018.

DNER (Departamento Nacional de Estradas e Rodagens); IME (Instituto Militar de Engenharia). **Projeto de Ampliação da Capacidade Rodoviária das Ligações com os Países do MERCOSUL BR-101 Florianópolis (SC) – Osório (RS)**: Programa de Paisagismo. 2001. 13 p.

DUBOIS, J. Classificação e breve caracterização de SAFs e práticas agroflorestais. In: MAY, P. H.; TROVATTO, C. M. M. (Coord.). **Manual agroflorestal para a Mata Atlântica**. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Agrário, Secretaria de Agricultura Familiar, 2008. 196 p.

ENGEL, V. L. **Introdução aos Sistemas Agroflorestais**. Botucatu: FEPAF, 1999. 70 p.

GOODRICH, N. Out of sigh; out of mind? **Inside Agroforestry**, v. 20, n. 1, p. 7, 2011.

GUARINO, E. S. G.; MIURA, A.; SOUSA, L. P.; GOMES, G. C.; FREITAS, T. C.; MOLINA, A. R.; WOLFF, L. F.; MEDEIROS, C. A. B. Restauração ecológica para a agricultura familiar. In: WOLFF, L. F.; MEDEIROS, C. A. B. **Alternativas para a diversificação da agricultura familiar de base ecológica**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2017. 145 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 443).

GUIMARÃES, D. P.; FONSECA, C. E. L. **Considerações preliminares sobre o uso de quebra-ventos nos Cerrados**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1990. 21 p. (Embrapa CPAC. Documentos, 34).

HANLEY, D. P.; KUHN, G. **Trees against the wind**. Pulmann: WSU, 2005. 40 p.

HARVEY, C. A.; TUCKER, N. I. J.; ESTRADA, A. Live Fences, Isolated Trees, and Windbreaks: Tools for Conserving Biodiversity in Fragmented Tropical Landscapes. In: SCHROTH, G.; FONSECA, G. A. B.; HARVEY, C. A.; GASCON, C.; VASCONCELOS, H. L.; IZAC, A. N. (Ed.). **Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes**. Washington, DC: Island Press, 2004. 537 p.

IAC (Instrução de Aviação Civil). **IAC 4104**: Atenuação da poluição sonora por meio de vegetação florestal. 1984. 51 p.

LAURANCE, S. G. W. Landscape Connectivity and Biological Corridors. In: SCHROTH, G.; FONSECA, G. A. B.; HARVEY, C. A.; GASCON, C.; VASCONCELOS, H. L.; IZAC, A. N. (Ed.). **Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes**. Washington, DC: Island Press, 2004. 537 p.

LEAL, A. C. Quebra-ventos arbóreos: aspectos fundamentais de uma técnica altamente promissora. **Informe da Pesquisa**, n. 67, 1986. 28 p.

MARTINS, T. P.; RANIERI, V. E. L. Sistemas agroflorestais como alternativa para as reservas legais. **Ambiente & Sociedade**, v. 17, n. 3, p. 79-96, 2014.

OGLE, D.; ST JOHN, L.; STANGE, C. **Tree and shrub planting, care and management**. Boise: USDA: Natural Resources Conservation Service, 2011. (Technical Notes Plant Materials, n. 43). Disponível em: <https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_PLANTMATERIALS/publications/idpmstn10797.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2018.

SCUSSEL, R., GIASSI, M. G. Um estudo das emissões odoríficas decorrentes da estação de tratamento de esgoto - ETE de Criciúma – SC. In: SEMANA DE CIÊNCIA & TECNOLOGIA DA UNESC, 5., 2014. Criciúma. **Anais...** p. 172-174.

TYNDALL, J.; COLLETTI, J. Mitigating swine odor with strategically designed shelterbelt systems: a review. **Agroforest Systems**, v. 69, p. 45–65, 2007.

TYNDALL, J. C. **A biophysical and socio-economic examination of the use of shelterbelts for swine odor mitigation**. 2003. 133 p. (Doctor of Philosophy) – Iowa State University, Ames. Publicado em Iowa State University Digital Repository: Retrospective Theses and Dissertations. Paper 623. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.890.7341&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 17 dez. 2018.

TYNDALL, J. C.; WALLACE, D. C. Windbreaks: A “fresh” tool to mitigate odors from livestock production facilities. **Agroforestry Notes**, n. 41, 2011. Disponível em: <<https://www.fs.usda.gov/nac/documents/workingtrees/brochures/wtw.pdf>>. Acesso em: 22 set. 2018.

USDA National Agroforestry Center. Working Trees for Communities. 2016. Disponível em: <<https://www.fs.usda.gov/nac/documents/workingtrees/brochures/wtc.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2018.

USDA (2016a). Working Trees for Pollinators. Disponível em: <<https://www.fs.usda.gov/nac/documents/workingtrees/brochures/WTPollinators.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2018.

WELLS, G. W. **Inside Agroforestry**, Spring 1994. USDA National Agroforestry Center, 1994.

WILKINSON, K. M.; ELEVITCH, C. R. Multipurpose Windbreaks: Design and Species for Pacific Islands. **Agroforestry guides for Pacific Islands #4**. Holualoa, Hawaii: Permanent Agriculture Resources, 2000.

Literatura Recomendada

COOK, P. S.; CABLE, T. T. The scenic beauty of shelterbelts on the Great Plains. **Landscape and Urban Planning**, v. 32, p. 63-69, 1995.

MEDRADO, M. J. S. Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais. In: GALVÃO, A. P. M. (Org.). **Reflorestamento de propriedades rurais para fins ambientais**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 351 p.

NATURAL RESOURCES CONSERVATION SERVICE. **Windbreaks/Shelterbelt Establishment**: Conservation Practices Standard: 380. Minnesota, 2009.

