

Análise fluidodinâmica computacional da eficiência de quebra-ventos artificiais em estufas tipo túnel

Matias Resende da Costa¹ & Júlio Cesar Leão²

Resumo – No cenário contemporâneo, o cultivo protegido por estufas é de grande importância para sanar as necessidades de alimento para uma população global crescente, ao proporcionar cultivos mais frequentes e fora de época. Um dos elementos essenciais para manter a integridade estrutural de uma estufa é o quebra-vento, capaz de mitigar ou até inibir eventuais danos de ventos fortes. No entanto, para que haja efetividade do quebra-vento, existem dois fatores relevantes: sua correta dimensão e posição, pois um quebra-vento mal projetado, além de gerar gasto desnecessário ao agricultor, será ineficiente no cumprimento do seu papel. Este estudo escolheu situar seu cenário no município catarinense de Antônio Carlos, polo regional da horticultura, onde há amplo uso de estufas plásticas para o cultivo protegido. Para análise, foram feitas simulações fluidodinâmicas computacionais (CFD), com uma estufa plástica tipo túnel e com quebra-ventos de diferentes dimensões e posições, com velocidades de vento baseadas na coleta de dados da região. Os resultados obtidos expuseram a relevância da implantação destas estruturas, alcançando redução em até 40% na velocidade dos ventos.

Termos para indexação: Cultivo protegido; Estufas agrícolas; Simulação fluidodinâmica.

Computational fluid dynamics analysis of artificial windbreaks efficiency in tunnel greenhouses

Abstract – In the contemporary scenario, protected cultivation by greenhouses is very important to meet the needs of food for an increasing global population, by providing more frequent and out of time crops. One of the essential elements to keep the structural integrity of a greenhouse is the windbreak, capable of mitigate or even inhibit eventual damages from strong winds. However, for an effective windbreak, there are two relevant factors: Its correct size and position, because a poorly projected windbreak, besides leading to unnecessary spent to the farmer, will be inefficient in its function fulfilment. This study chose to situate its scenario in a regional pole of horticulture, where there is a wide use of plastic greenhouses for protected cultivation in Antônio Carlos County, in Santa Catarina, Brazil. For analysis, there were made computational fluid dynamics (CFD) simulations, with a tunnel greenhouse and windbreaks of different sizes and positions, with wind speeds based on local data collection. The results obtained shown the relevance of these structures, reaching wind speeds reductions up to 40%.

Index terms: Protected cultivation; Greenhouse farming; Fluid dynamics simulation.

A área global sob horticultura protegida por estufas supre uma fatia expressiva do mercado mundial, estimada em 497 mil ha, o que representa aproximadamente 9% de todo cultivo protegido (HICKMAN, 2019). Quebra-ventos são utilizados na agricultura para fins de controle e proteção do plantio, classificados como naturais, fazendo uso da própria vegetação, ou artificiais, comercializados na forma de lonas ou telas. Seu principal objetivo é reduzir a velocidade média do vento na região de cultivo. No passado, a sua implantação e o dimensionamento se baseavam no conhecimento adquirido com a prática, mas nos últimos anos,

com o avanço da tecnologia, pesquisas usando métodos computacionais vêm auxiliando um uso mais eficiente destes recursos (TAKLE, 2005). As estufas plásticas desprotegidas ficam vulneráveis a ventanias, ocasionando danos na lona plástica, destruição do cultivo e até eventual comprometimento da estrutura da estufa em casos severos (DILARA & BRIASSOULIS, 2000). Em virtude das mudanças climáticas, quebra-ventos se mostrarão elementos cada vez mais relevantes no meio agrícola, dado o aquecimento global em ritmo acelerado, eventos meteorológicos como ciclones e furacões serão mais comuns no futuro (GFDL, 2021).

As imagens de satélite das regiões de cultivo do município de Antônio Carlos revelaram pouco uso de quebra-ventos artificiais. Desta forma, este trabalho pode fornecer sugestões à comunidade, tanto para projetos agrícolas futuros, quanto para proteção de estufas plásticas já existentes. A escolha das velocidades dos ventos para simulação contou com a coleta de dados anemométricos da região. A estação meteorológica mais próxima do município é a SONDA (INPE, 2018), localizada em Florianópolis. Foram utilizadas as medições feitas no período de um ano, escolhendo-se o de 2018, o último ano disponibilizado com leitura completa de todos os

Recebido em 07/04/2022. Aceito para publicação em 27/06/2022.

<https://doi.org/10.52945/rac.v35i2.1454>

¹ Acadêmico Matias Resende da Costa, Univali, Universidade do Vale do Itajaí, campus Itajaí, telefone: (47) 9 9692-5642, e-mail: mmatihisars@gmail.com. ORCID: 0000-0001-7046-7018.

² Agrônomo, M.Sc. Júlio Cesar Leão, Univali, campus Itajaí, telefone: (47) 9 9610-2648, e-mail: julio.leao@univali.br. ORCID: 0000-0001-5897-4236.

meses. Ao todo, foram computados 521.720 registros.

Observou-se que as maiores velocidades de vento provêm predominantemente do sentido sul, sendo esta, portanto, a orientação escolhida para a simulação. Quanto às velocidades, fo-

ram selecionadas a máxima registrada, $16,8\text{m s}^{-1}$ ($60,5\text{km h}^{-1}$), e a média das máximas, $8,0\text{m s}^{-1}$ ($28,8\text{km h}^{-1}$). Em Antônio Carlos foi verificada a abundância de dois modelos de estufas plásticas: em túnel e em arco. Para as simulações, foi escolhido o modelo em túnel, como

demonstrado na Figura 2 (A). Quanto a sua orientação, a estufa foi disposta longitudinalmente norte-sul, de acordo com o encontrado em maior predominância na região, vide Figura 2 (B).

O modelo virtual da estufa túnel possui 15m de comprimento e 4m de largura, com altura e raio de curvatura de 2m. A lona plástica recobre a estrutura, não alcançando até o chão, deixando as extremidades laterais livres para circulação do ar. A Figura 3 ilustra o modelo elaborado.

As simulações utilizaram quebra-ventos de lona plástica, dispostos paralelamente à face sul das estufas, centralizados, a fim de inibir os ventos provenientes deste sentido. A posição e a dimensão dos quebra-ventos levaram em conta o tamanho característico da estufa. Sejam L_Q e A_Q a largura e altura dos quebra-ventos, D a distância entre a estufa e o quebra-vento e L_E , A_E e C_E a largura, altura e comprimento das estufas plásticas, respectivamente, tal que $L_Q = L_E + \%C_E$, $A_Q = A_E + \%C_E$ e $D = \%C_E$. Dois quebra-ventos foram dimensionados e duas distâncias D foram escolhidas. Além disso, para comparação, foram simuladas estufas sem proteção, totalizando 10 cenários diferentes, considerando as duas velocidades de vento já mencionados. A Tabela 1 enumera as combinações dos ensaios.

As fortes rajadas de vento próximas à superfície da estufa propiciam gran-

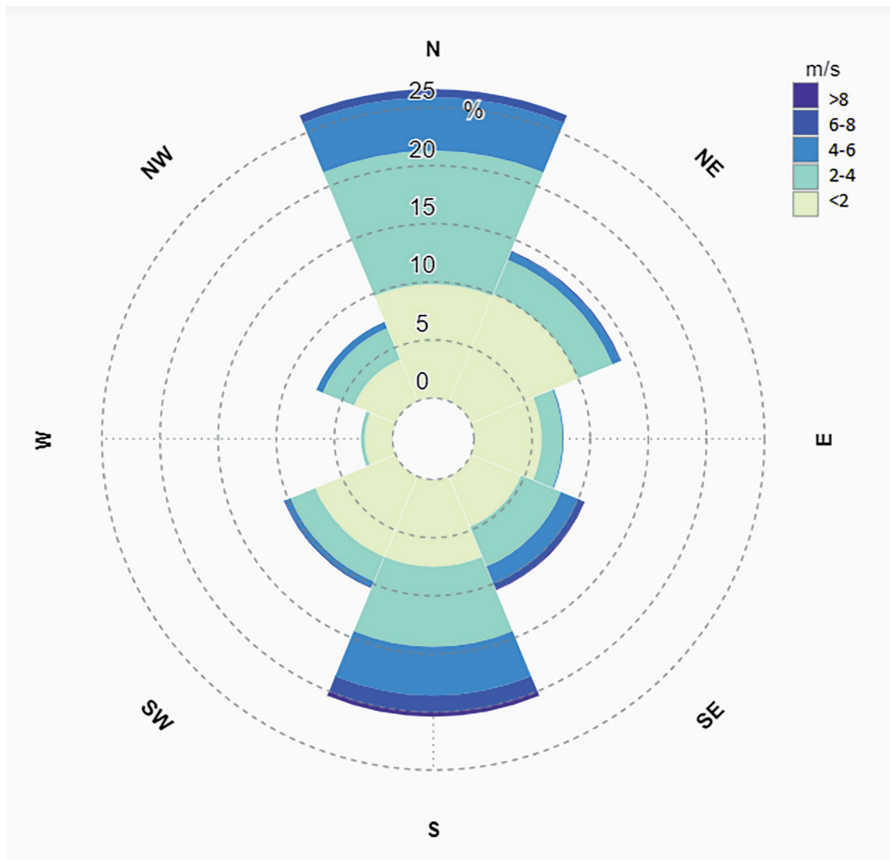


Figura 1. Direção dos ventos elaborada a partir das leituras da SONDA de Florianópolis em 2018

Figure 1. Wind direction based on Florianópolis SONDA data from 2018

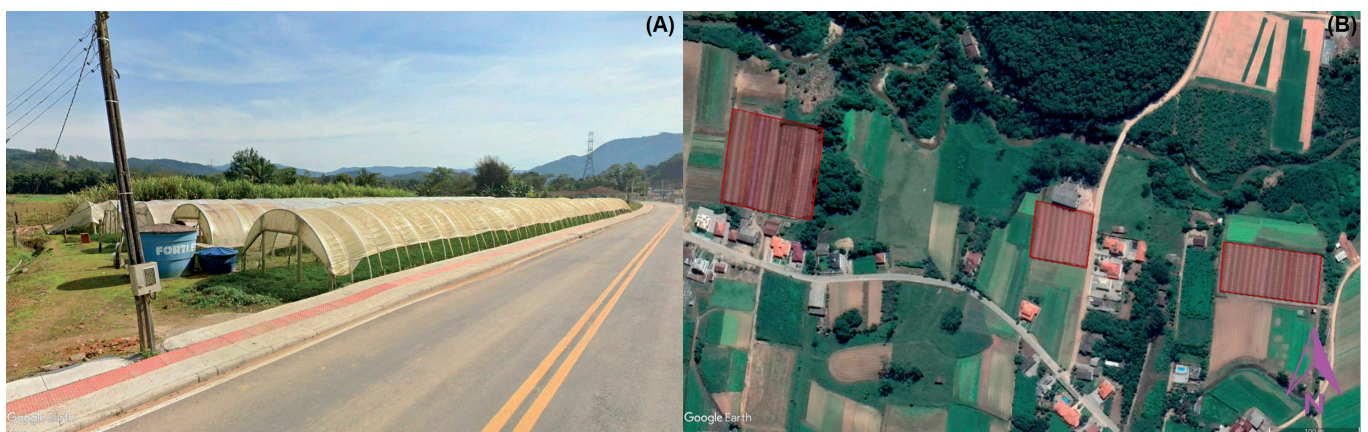


Figura 2. Estufas tipo túnel em Antônio Carlos (A). Estufas demarcadas em vermelho na imagem de satélite com orientação longitudinal norte-sul (B)

Figure 2. Tunnel style greenhouses in Antônio Carlos (A). Greenhouses demarcated in red in satellite image with north-south longitudinal orientation (B)

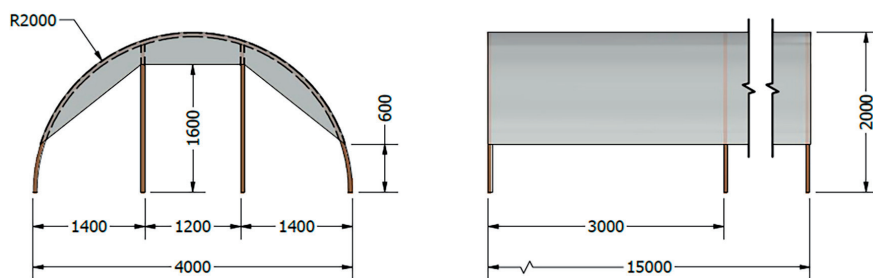


Figura 3. Desenho esquemático de estufa plástica tipo túnel
 Figure 3. Schematic drawing of tunnel style plastic greenhouse

Tabela 1. Combinações dos parâmetros escolhidos para cada ensaio
 Table 1. Parameter combination chosen to each test

Ensaio	Perfil de vel. [ms ⁻¹]	Quebra vento		D [m]
		LQ [m]	AQ [m]	
E1		-	-	-
E2		5,50	2,00	4,50 (+30% CE)
E3	8,00	(+10% CE)	(+0% CE)	6,00 (+40% CE)
E4		7,00	2,75	4,50 (+30% CE)
E5		(+20% CE)	(+5% CE)	6,00 (+40% CE)
E6		-	-	-
E7		5,50	2,00	4,50 (+30% CE)
E8	16,80	(+10% CE)	(+0% CE)	6,00 (+40% CE)
E9		7,00	2,75	4,50 (+30% CE)
E10		(+20% CE)	(+5% CE)	6,00 (+40% CE)

de arrasto aerodinâmico e vibrações, os quais induzem estresse mecânico à lona plástica, com potencial para criar rasgos (DOUGKA & BRIASSOULIS, 2020). Logo, reduzir a força do vento próximo à estufa minimizará estragos. A fim de mensurar estes fatores, a velocidade e a pressão estática foram aferidas do lado externo, próximo à superfície de lona plástica, imediatamente acima da camada limite, em duas regiões: ao longo do topo e ao longo da lateral da estufa.

Após as simulações, os resultados constataram reduções até acima de 40% nas velocidades do vento através da adição de quebra-ventos. Os ensaios com o quebra-vento maior (2,75 x 7,00m) obtiveram redução média dos ventos de 39,6%, enquanto os ensaios com o

quebra-vento menor (2,00 x 5,50m) alcançaram redução média de 20,7%. Na Figura 4, apresentam-se os gráficos com os resultados de cada ensaio da Tabela 1.

Nas Figuras 4(A) e 4(B), a curva de velocidade é mais atenuada nos ensaios em que é usado o quebra-vento maior (2,75 x 7,00m) ou em que a distância entre o quebra-vento e a estufa é menor (4,50m). Um detalhe marcante é o pequeno incremento de eficiência quando se diminui a distância entre o quebra-vento e a estufa, apesar da considerável redução de 6m para 4,5m. Ensaios com o espaçamento menor (4,50m) revelaram, em média, redução de 13,2% na velocidade lateral do vento e 4,5% na superior em relação aos ensaios com o espaçamento maior (6,00m). Em con-

trapartida, as simulações com protótipo de quebra-vento maior (2,75 x 7,00m) obtiveram eficiência significativamente melhor em relação aos menores (2,00 x 5,50m), com redução de 30,8% e 28,1% nas velocidades laterais e superiores do vento, respectivamente. As figuras 4(C) e 4(D) expõem uma região de forte pressão negativa próxima ao quebra-vento, com potencial de induzir vibração mecânica na estrutura das estufas. Este fenômeno pode ser explicado analisando-se os campos vetoriais de velocidade da Figura 5, que representam o ensaio número 10 como exemplo. Esta condição gera uma zona de alta vortividade, responsável pela região de baixa pressão mostrada na Figura 4. De acordo com o estudo de Mistrionis et al. (2012), a escolha da tela quebra-vento, em detrimento da lona plástica como material para o quebra-vento, facilita a circulação de ar, o que inibe o surgimento de vórtices e, como consequência, atenua zonas de baixa pressão.

Os resultados obtidos durante esta pesquisa demonstram que a utilização do quebra-vento artificial em estufas plásticas é um método muito eficaz de proteção. Nas simulações, os quebra-ventos foram capazes de reduzir em até 40% as velocidades dos ventos próximas à estufa. Além disso, observou-se que quando o quebra-vento é instalado paralelamente às faces frontais ou traseiras da estufa, é mais eficiente implantar um quebra-vento mais alto do que posicioná-lo mais próximo, sem criar obstruções das entradas da estufa.

Referências

- CLEUGH, H.A. Effects of windbreaks on air-flow, microclimates and crop yields. **Agroforestry Systems** v.41, p.63-66, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1006019805109>.
- DILARA, P.A.; BRIASSOULIS, D. Degradation and Stabilization of Low-density Polyethylene Films used as Greenhouse Covering Materials. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.76, p.309-321, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1006/jaer.1999.0513>.

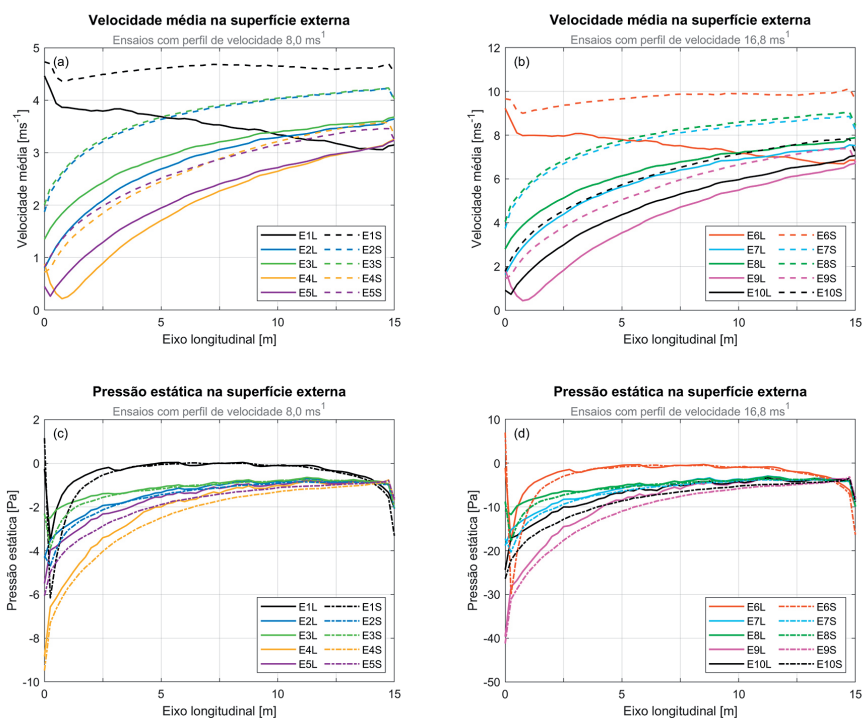


Figura 4. Velocidade média, (A) e (B); pressão estática, (C) e (D), aferidas sob a superfície das estufas. Nas legendas, prefixo E denota Ensaio, sufixos L e S denotam coleta de dados Lateral e Superior, respectivamente. A numeração dos ensaios corresponde ao exposto na Tabela 1

Figure 4. Average speed, (A) and (B); static pressure, (C) and (D), measured over greenhouses' surface. At legends, prefix E denotes test, suffixes L and S denote lateral and top data collect. Tests numbering corresponds to Table 1

DOUGKA, G.; BRIASSOULIS, D. Load carrying capacity of greenhouse covering films under wind action: Optimising the supporting systems of greenhouse films. **Biosystems Engineering**, v.192, p.199-214, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemeng.2020.01.020>.

GFDL – GEOPHYSICAL FLUID DYNAMICS LABORATORY. **Global Warming and Hurricanes: An Overview of Current Research Results**, 2021. Disponível em: <https://www.gfdl.noaa.gov/global-warming-and-hurricanes/>. Acesso em: 27 maio 2021.

HICKMAN, G.W. **Cuesta Roble Consulting: International greenhouse vegetable production statistics**, 2019. Disponível em: <https://www.cuestaroble.com/statistics.html>. Acesso em: 25 de maio de 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **SONDA: Estação meteorológica de Florianópolis**, 2018. Dados ambientais. Disponível em: <http://sonda.ccst.inpe.br/base-dados/florianopolis.html>. Acesso em: 27 de maio de 2021.

MISTRIOTIS, A.; GIANNOULIS, A.; BRIASSOULIS, D. Numerical estimation of wind loads on a greenhouse protected by a net-covered windbreak analyzed as an integrated system. *In: International Symposium on Advanced Technologies and Management Towards Sustainable Greenhouse Ecosystems: Greensys*, 2011, Atenas. **Anais[...]**, Atenas, ISHS Acta Horticulturae, 2012. p.169-173. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.952.20>.

MUNICÍPIO DE ANTÔNIO CARLOS. **Prefeitura de Antônio Carlos: Economia**, 2019. Principais aspectos econômicos. Disponível em: <https://www.antonioCarlos.sc.gov.br/cms/pagina/ver/codMapaltem/43356>. Acesso em: 25 maio 2021.

TAKLE, E.S. Windbreaks and Shelterbelts. **Encyclopedia of Soils in the Environment**, p.340–345, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/B0-12-348530-4/00312-X>.

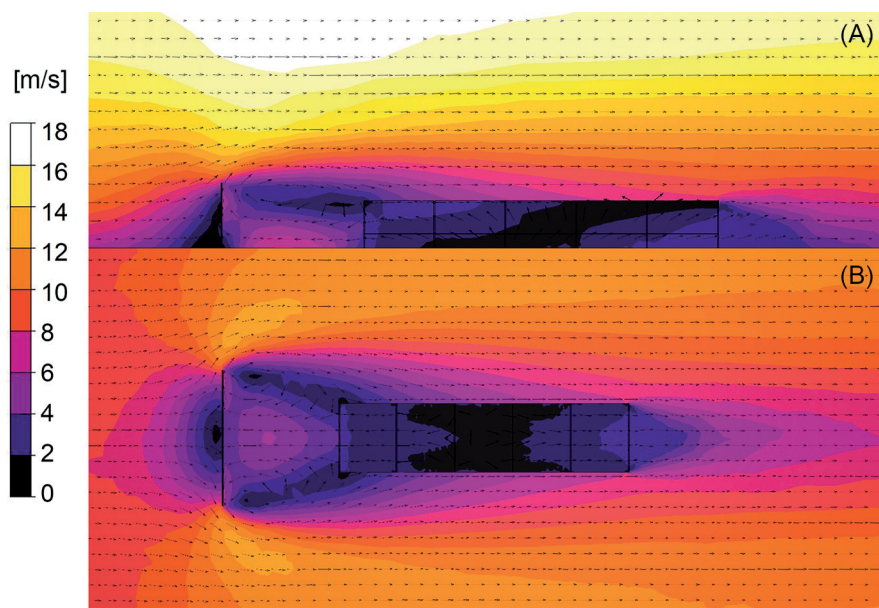


Figura 5. Ensaio E10 exibindo campo vetorial da velocidade do vento. Em corte lateral longitudinal, centralizado (A). Em corte superior longitudinal, a 904mm acima do chão, altura para a qual foi feita a coleta lateral de dados da Figura 5 (B)

Figure 5. Test E10 exhibiting wind speed's vector field. At longitudinal side cut, centralized (A). At longitudinal top cut, at 904mm above ground, same height of side data collection from Figure 5 (B)