REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/10/2026 - **Accepted:** 11/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/per2nr26
Pages: 1-12

COBERTURA DO SOLO E VELOCIDADE DO VENTO NA DERIVA DE PULVERIZAÇÃO SOBRE COLETORES ARTIFICIAIS EM TÚNEL DE VENTO

SOIL COVER AND WIND SPEED EFFECTS ON SPRAY DRIFT OVER ARTIFICIAL COLLECTORS IN A WIND TUNNEL

COBERTURA DEL SUELO Y VELOCIDAD DEL VIENTO EN LA DERIVA DE PULVERIZACIÓN SOBRE COLECTORES ARTIFICIALES EN TÚNEL DE VIENTO

FLAVIANE MARCOLIN DE MEDEIROS
Mestre em Agronomia, Universidade Estadual do Norte do Paraná, Brasil
E-mail: medeirosflaviane@gmail.com

RUAN CARLOS SILVEIRA MARCHI
Doutor em Agronomia, Universidade Estadual do Norte do Paraná, Brasil
E-mail: ruan.marchi@uenp.edu.br

RENATO GAROZI
Doutor em Agronomia, Universidade Estadual do Norte do Paraná, Brasil
E-mail: garozir@gmail.com

VALDIR LOPES
Doutor em Agronomia, Universidade Estadual do Norte do Paraná, Brasil
E-mail: valdirlopes@uenp.edu.br

RONE BATISTA DE OLIVEIRA
Doutor em Agronomia, Universidade Estadual do Norte do Paraná, Brasil
E-mail: rone@uenp.edu.br

MARCO ANTÔNIO GANDOLFO
Doutor em Agronomia, Universidade Estadual do Norte do Paraná, Brasil
E-mail: gandolfo@institutodashen.com.br

CRISTIANO RESCHKE LAJÚS
Doutor em Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Brasil
E-mail: clajus@unichapeco.edu.br

NATALIA GIRARDI
Doutora em Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Brasil
E-mail: girardinatalia@unichapeco.edu.br

ÉTTORE GUILHERME POLETTO DIEL
Doutor em Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Brasil
E-mail: ettorepoletto77@gmail.com

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/10/2026 - **Accepted:** 11/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/per2nr26
Pages: 1-12

Resumo

O potencial de deriva representa uma via de perda da calda pulverizada e pode reduzir a quantidade que alcança o alvo, além de ampliar o risco de transporte para áreas não destinadas à aplicação. Objetivou-se avaliar o potencial de deriva de uma calda marcadora sobre coletores artificiais, sob duas velocidades do vento e na presença ou ausência de cobertura morta sobre o solo. O ensaio foi conduzido em túnel de vento de 20 m, com velocidades de 1 e 2 m s^{-1}. Utilizaram-se pontas AXI 11002 a 414 kPa, solução de Azul Brilhante FCF a 0,3% (m/v), coletores posicionados a 5, 10 e 15 m da barra e em alturas de 0,2 a 1,0 m, delineamento inteiramente casualizado e quatro repetições. O potencial de deriva foi quantificada por espectrofotometria a 630 nm. Houve diferença entre as coberturas na distância de 5 m, e os maiores valores foram observados nos coletores mais próximos da barra e do piso. O aumento da velocidade do vento elevou a potencial de deriva no solo sem palha, mas não alterou significativamente a deriva no solo coberto. As temperaturas superficiais foram 31,50 e 28,37 °C, com e sem palha, a 1 m s^{-1}, e 26,75 e 24,37 °C, respectivamente, a 2 m s^{-1}, sem diferença entre as coberturas em cada velocidade. Conclui-se que a resposta do potencial de deriva ao aumento da velocidade do vento foi mais pronunciada na ausência de cobertura morta.

Palavras-chave: deriva, tecnologia de aplicação, túnel de vento, cobertura morta, condições ambientais

Abstract

Spray drift is a pathway for spray-mixture loss and may reduce the amount reaching the target while increasing the risk of transport to non-target areas. This study evaluated the drift of a tracer solution collected on artificial targets under two wind speeds and in the presence or absence of soil mulch. The experiment was conducted in a 20 m wind tunnel at wind speeds of 1 and 2 m s^{-1}. AXI 11002 nozzles operated at 414 kPa, a 0.3% (m/v) Brilliant Blue FCF solution, collectors placed 5, 10, and 15 m from the boom and at heights from 0.2 to 1.0 m, a completely randomized design, and four replications were used. Drift was quantified by spectrophotometry at 630 nm. Soil-cover treatments differed at 5 m, and the greatest drift was recorded by collectors closest to the boom and the tunnel floor. Increasing wind speed increased drift over bare soil but did not significantly change drift over mulched soil. Surface temperatures were 31.50 and 28.37 °C over mulched and bare soil at 1 m s^{-1}, and 26.75 and 24.37 °C, respectively, at 2 m s^{-1}, with no difference between cover treatments within each speed. The drift response to increasing wind speed was therefore more pronounced in the absence of soil mulch.

Keywords: spray drift, application technology, wind tunnel, soil mulch, environmental conditions

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/10/2026 - **Accepted:** 11/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/per2nr26
Pages: 1-25

Resumen

La deriva constituye una vía de pérdida de la mezcla pulverizada y puede reducir la cantidad que alcanza el objetivo, además de aumentar el riesgo de transporte hacia áreas no destinadas a la aplicación. El objetivo fue evaluar la deriva de una solución trazadora sobre colectores artificiales, bajo dos velocidades del viento y con o sin cobertura muerta del suelo. El ensayo se realizó en un túnel de viento de 20 m, con velocidades de 1 y 2 m s^{-1}. Se utilizaron boquillas AXI 11002 a 414 kPa, solución de Azul Brillante FCF al 0,3% (m/v), colectores ubicados a 5, 10 y 15 m de la barra y a alturas de 0,2 a 1,0 m, diseño completamente aleatorizado y cuatro repeticiones. La deriva se cuantificó mediante espectrofotometría a 630 nm. Las coberturas difirieron a 5 m y los mayores valores se registraron en los colectores más próximos a la barra y al piso. El aumento de la velocidad del viento incrementó la deriva sobre el suelo sin paja, pero no modificó significativamente la deriva sobre el suelo cubierto. Las temperaturas superficiales fueron 31,50 y 28,37 °C, con y sin paja, a 1 m s^{-1}, y 26,75 y 24,37 °C, respectivamente, a 2 m s^{-1}, sin diferencias entre coberturas dentro de cada velocidad. Se concluye que la respuesta de la deriva al aumento de la velocidad del viento fue más pronunciada sin cobertura muerta.

Palabras clave: deriva; tecnología de aplicación; túnel de viento; cobertura muerta; condiciones ambientales

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/10/2026 - **Accepted:** 11/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/per2nr26
Pages: 1-25

1. INTRODUÇÃO

A utilização de produtos fitossanitários integra os sistemas de produção agrícola, mas sua eficiência depende de uma aplicação que conduza a quantidade necessária de produto ao alvo e limite as perdas para o ambiente. A tecnologia de aplicação reúne conhecimentos destinados a compatibilizar o produto, o alvo, o equipamento e as condições operacionais, de modo a alcançar eficácia agronômica com mínima contaminação de áreas não tratadas (MATUO, 1990). Quando parte da pulverização não alcança o local pretendido, podem ocorrer redução da dose efetivamente depositada, falhas de controle e aumento do risco ambiental (MATTHEWS, 2000).

Entre as perdas associadas à pulverização, destaca-se potencial de deriva, caracterizada pelo deslocamento não intencional das gotas para fora da área-alvo. Sua magnitude depende de fatores relacionados ao espectro de gotas, às pontas de pulverização, à pressão de trabalho, à altura da barra e às condições atmosféricas. O vento interfere diretamente na trajetória das gotas, enquanto temperatura elevada e baixa umidade relativa favorecem a evaporação, especialmente das gotas finas, aumentando sua suscetibilidade ao transporte (CHRISTOFOLETTI, 1999; CUNHA, 2008a).

As condições próximas à superfície também podem participar desse processo. A temperatura do solo resulta da disponibilidade de radiação e das propriedades térmicas da superfície (PARTON; LOGAN, 1981). As trocas de calor entre o solo e o ar ocorrem por condução e convecção, e o movimento convectivo pode modificar o comportamento do ar próximo ao solo (TUBELIS, 1980). Consequentemente, alterações na cobertura e na rugosidade da superfície podem influenciar o regime térmico e o escoamento do ar no ambiente de pulverização.

A cobertura vegetal morta é característica do sistema de plantio direto e modifica a interação solo-atmosfera. A palha pode refletir parte da radiação incidente, reduzir o aquecimento direto do solo e alterar os fluxos de calor e vapor de água (STRECK; SCHNEIDER; BURIOL, 1994; ALVALÁ et al., 2002). Ao mesmo tempo, a cobertura cria uma superfície mais rugosa que o solo descoberto. Apesar da importância agronômica da palha, sua possível interferência na deriva de

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/10/2026 - **Accepted:** 11/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/per2nr26
Pages: 1-25

pulverizações, em associação com a velocidade do vento, requer avaliação controlada.

Ensaios em túnel de vento possibilitam produzir correntes regulares de ar e controlar variáveis relevantes para o acompanhamento de partículas e a estimativa do potencial de deriva (MOREIRA JÚNIOR, 2009). Esse ambiente permite comparar tratamentos sob condições padronizadas, reduzindo a variabilidade presente em experimentos de campo. Diante disso, objetivou-se avaliar potencial de deriva de uma calda marcadora sobre coletores artificiais, em diferentes distâncias horizontais e verticais, sob velocidades do vento de 1 e 2 m s^{-1} e na presença ou ausência de cobertura vegetal morta sobre o solo.

Este trabalho é derivado da dissertação de mestrado do primeiro autor (MEDEIROS, F. M., 2024), na qual os protocolos experimentais completos estão detalhados

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO E DERIVA

A tecnologia de aplicação pode ser compreendida como a aplicação correta de um produto biologicamente ativo no alvo, na quantidade necessária, de maneira economicamente viável e com mínima contaminação de outras áreas (MATUO, 1990). Essa definição evidencia que o sucesso da pulverização não depende somente da seleção do produto, mas também da interação entre a técnica, o equipamento, o operador, o ambiente e as características do alvo.

Potencial de deriva ocorre quando gotas ou partículas são transportadas para um local diferente daquele que se pretende tratar. Além de reduzir a quantidade de calda disponível no alvo, esse deslocamento amplia a possibilidade de exposição de organismos e superfícies não destinados à aplicação (MATTHEWS, 2000). O tamanho das gotas é decisivo nesse processo: gotas menores apresentam menor massa e permanecem suspensas por mais tempo, tornando-se mais sensíveis ao vento e à evaporação. Para uma mesma ponta, o aumento da pressão tende a produzir gotas menores e elevar o risco de deriva (CHRISTOFOLETTI, 1999).

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/10/2026 - **Accepted:** 11/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/per2nr26
Pages: 1-25

O risco de deriva pode ser reduzido pela combinação de práticas operacionais, como seleção adequada das pontas, regulagem do equipamento, aplicação em condições ambientais favoráveis e uso de técnicas específicas de redução (ANDEF, 2004). A avaliação de diferentes velocidades do vento, pressões e pontas demonstrou que maiores intensidades de vento podem resultar em maior deriva, enquanto o efeito da redução da pressão depende do tipo de ponta utilizado (COSTA et al., 2007). Adjuvantes também podem modificar o espectro de gotas e, consequentemente, o potencial de deriva (OLIVEIRA, 2011).

A distância percorrida por uma gota não depende apenas de sua condição inicial. Durante o deslocamento, a evaporação pode reduzir o diâmetro da gota e prolongar sua permanência no ar. Em simulações de diferentes condições de pulverização, potencial de deriva concentrou-se prioritariamente nas distâncias iniciais, embora gotas suscetíveis pudessem alcançar distâncias superiores (CUNHA, 2008b). Em túnel de vento, Madureira (2013) também registrou maior quantidade de deriva nos coletores mais próximos da barra de pulverização.

2.2 CONDIÇÕES AMBIENTAIS, TÚNEL DE VENTO E COBERTURA DO SOLO

O vento altera o deslocamento das gotas em direção ao alvo. Contudo, a ausência total de vento também pode ser desfavorável quando associada à estabilidade atmosférica ou à inversão térmica. Para aplicações terrestres, a FAO (2002) indica velocidades do vento de 1 a 2 m s^{-1} como condições adequadas, embora a resposta efetiva dependa do conjunto formado pelo equipamento, pelas gotas e pelo ambiente.

Os túneis de vento são instalações destinadas a produzir uma corrente de ar regular, permitindo medir o comportamento do escoamento, acompanhar partículas e comparar técnicas de pulverização em ambiente controlado (MOREIRA JÚNIOR, 2009). Fios de material sintético podem atuar como coletores, e a quantidade de marcador retida pode ser determinada após lavagem e leitura espectrofotométrica. Essa abordagem foi empregada em avaliações de pontas, pressões, adjuvantes e distâncias de coleta (OLIVEIRA, 2011; GANDOLFO et al., 2013a; GANDOLFO et al., 2014).

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/10/2026 - **Accepted:** 11/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/per2nr26
Pages: 1-25

A cobertura do solo modifica tanto o regime térmico quanto as propriedades físicas da superfície. A resposta térmica depende da capacidade de absorver, armazenar e refletir radiação, além das trocas de calor e vapor de água com a atmosfera (PARTON; LOGAN, 1981; ALVALÁ et al., 2002). A palha pode impedir que parte da radiação alcance diretamente o solo, alterando a variação diária da temperatura (STRECK; SCHNEIDER; BURIOL, 1994).

No contexto dpotencial de deriva, essas modificações admitem duas interpretações que precisam ser avaliadas separadamente. A mudança térmica pode alterar os movimentos convectivos próximos à superfície, enquanto a maior rugosidade da cobertura pode perturbar o escoamento do ar. Entretanto, a presença de diferenças numéricas de temperatura não demonstra, por si só, relação causal com o potencial de deriva. Essa relação exige que o efeito da cobertura e da velocidade do vento seja interpretado à luz da análise estatística e das limitações do ambiente experimental.

3. METODOLOGIA

3.1 ESTRUTURA EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O trabalho foi realizado no NITEC – Núcleo de Investigação de Tecnologia de Aplicação de Agroquímicos e Máquinas Agrícolas da UENP - Universidade Estadual do Norte do Paraná - Campus Luiz Meneghel em Bandeirantes – PR. Empregou-se um túnel de vento com 20 m de comprimento e seção transversal quadrada de 2 m. A ventilação foi produzida por ventilador axial de dupla hélice, com 0,90 m de diâmetro, acionado pela tomada de potência de um trator com potência de 65 kW no motor. A estrutura do túnel corresponde à descrita por Gandolfo et al. (2013a).

O circuito hidráulico foi instalado no terço inicial do túnel, 2 m após as lâminas defletoras da colmeia do difusor. A barra estática possuía 1,5 m de comprimento e três pontas espaçadas em 0,5 m. A pulverização foi realizada durante 2 min, com a barra posicionada a 0,50 m do piso. Foram utilizadas pontas de jato plano comum AXI 11002, operadas a 414 kPa, sendo classificadas como produtoras de gotas finas.

As velocidades do vento foram de 1 e 2 m s^{-1}, obtidas com rotações de 700 e 1.400 rpm no eixo da tomada de potência, respectivamente. A velocidade foi aferida

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/10/2026 - **Accepted:** 11/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/per2nr26
Pages: 1-25

com anemômetro de ventoinha modelo MDA 11, instalado a 5 m da barra na direção final do túnel. Para auxiliar o controle do ambiente, foram instalados nove refletores com lâmpadas halógenas de 400 W ao longo do teto, acionados de forma independente. A temperatura e a umidade relativa do ar foram monitoradas por termo-higrômetro digital MT-241, com precisão básica de ±2 °C, colocado no centro da seção transversal, a 5 m da barra.

O piso do túnel recebeu, desde a projeção da barra até 5 m de distância, camada de 0,05 m composta por 25% de areia média e 75% de solo argiloso, em volume. A mistura apresentou 42% de argila, 19% de silte e 39% de areia e foi classificada como solo argiloso. Para o tratamento com cobertura, distribuiu-se grama cortada e seca na quantidade de 1,0 kg m^{-2}, de modo a recobrir a superfície. Sobre a palha foi colocada tela de arame galvanizado com malha de 50 mm, destinada a impedir o arraste do material pelo vento.

A temperatura do ambiente foi medida com termômetro digital HT-208, com precisão básica de ±2 °C. A temperatura da superfície, com e sem palha, foi aferida com termômetro digital infravermelho MT-4, também com precisão básica de ±2 °C.

3.2 CALDA MARCADORA, COLETA E QUANTIFICAÇÃO DO POTENCIAL DE DERIVA

A calda foi constituída por água e marcador Azul Brilhante FCF, produto contendo maltodextrina e 11,00% do corante, na concentração de 0,3% (m/v). Os coletores foram instalados a 5, 10 e 15 m da barra de pulverização. Esta coleta ocorreu por meio da instalação de fios de nylon de 0,002 m de diâmetro com 0,385 m de comprimento e área de 0,002419 m^2, instalados horizontalmente a cada 0,2 m a partir do piso do túnel até a altura de 1,0 m.

Após a pulverização, os fios foram colocados individualmente em tubos de PVC de 0,6 m de comprimento e lavados com água destilada, na quantidade de 0,0025 m^3. Cada tubo foi submetido a 15 movimentos verticais e 15 movimentos horizontais. Em seguida, o líquido foi acondicionado em recipientes identificados e mantidos em caixas térmicas opacas, para proteção contra foto e termodegradação.

A absorbância das amostras foi determinada em espectrofotômetro FEMTO 600 S, no comprimento de onda de 630 nm. A curva de calibração foi obtida a partir

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/10/2026 - **Accepted:** 11/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/per2nr26
Pages: 1-25

de 14 diluições conhecidas da calda, resultando na equação y = 0,946x + 0,0224, com R^2 = 0,9964. Os valores de absorbância foram convertidos em concentração de corante, e os resultados foram expressos em volume de calda por área do coletor, em $\mu L\ cm^{-2}$.

3.3 DELINEAMENTO E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foram avaliadas quatro combinações formadas por duas condições de cobertura do solo, com e sem palha, e duas velocidades do vento, 1 e 2 m s^{-1}. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo cada um dos coletores considerado uma unidade experimental. Os dados de deriva e de temperatura superficial foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

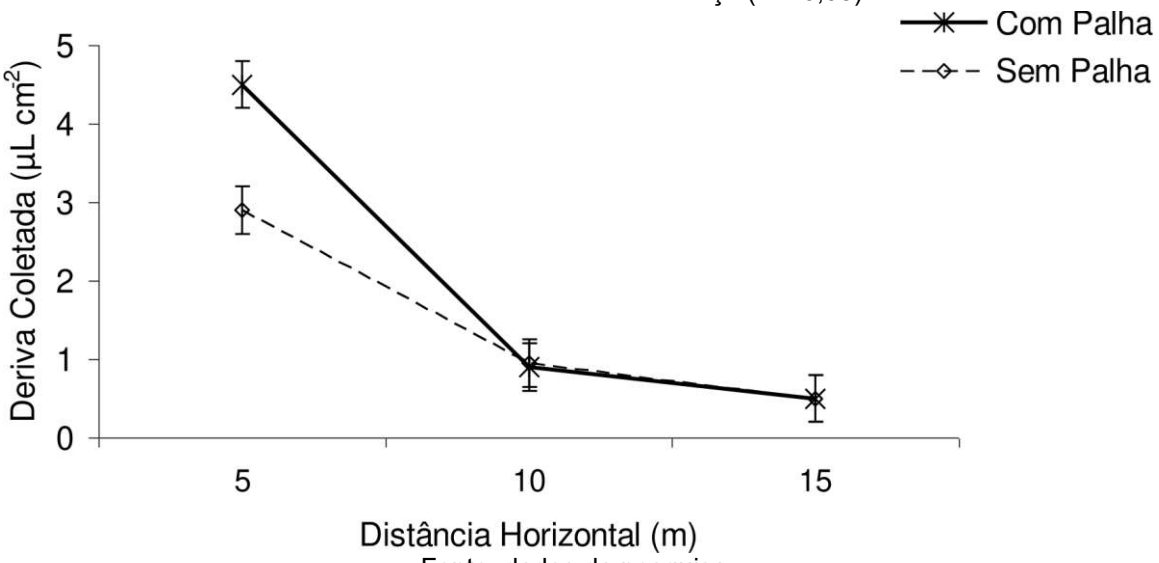
4.1 DISTRIBUIÇÃO HORIZONTAL E VERTICAL DO POTENCIAL DE DERIVA

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/10/2026 - **Accepted:** 11/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/per2nr26
Pages: 1-25

A distribuição horizontal do potencial de deriva variou em função da distância dos coletores em relação à barra. A Figura 1 apresenta a comparação entre os tratamentos com e sem cobertura nas distâncias de 5, 10 e 15 m.

Figura 1. Deriva coletada com e sem palha nas distâncias horizontais de 5, 10 e 15 m no túnel de vento. Médias ± intervalo de confiança (α = 0,05).



Fonte: dados da pesquisa.

A diferença entre as coberturas foi significativa a 5 m, distância em que o tratamento com palha apresentou maior deriva coletada. Nas distâncias de 10 e 15 m, os intervalos apresentados se sobrepuseram. Em ambas as coberturas ocorreu redução acentuada da quantidade coletada entre 5 e 10 m, seguida de menor variação entre 10 e 15 m. Esse comportamento confirma a concentração do potencial de deriva nos pontos iniciais do percurso dentro do túnel.

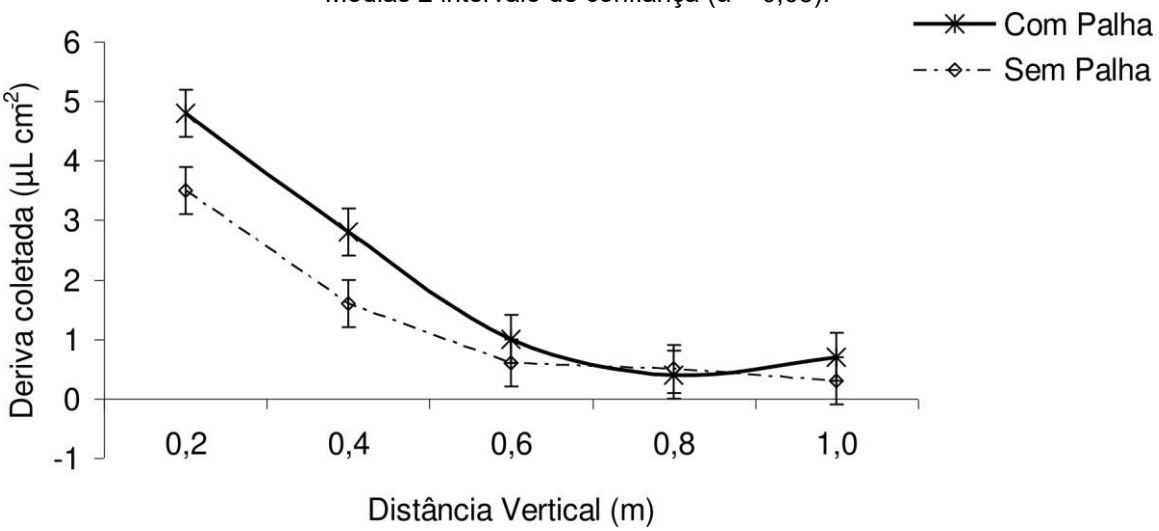
A maior coleta nos primeiros metros também foi relatada em avaliações com pontas e adjuvantes conduzidas em túnel de vento (GANDOLFO et al., 2013a; MADUREIRA, 2013). Em simulações, Cunha (2008b) verificou que potencial de deriva se concentrou prioritariamente nos 5 m iniciais, embora gotas submetidas à evaporação pudessem alcançar distâncias superiores. A concordância entre esses trabalhos e o presente ensaio limita-se ao padrão de redução com a distância, pois as técnicas, caldas e condições experimentais não foram idênticas.

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/10/2026 - **Accepted:** 11/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/per2nr26
Pages: 1-25

A distribuição vertical também mostrou maior retenção nos coletores mais próximos do piso, conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2. Deriva coletada com e sem palha nas alturas de 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1,0 m no túnel de vento. Médias ± intervalo de confiança (α = 0,05).



Fonte: dados da pesquisa.

Os maiores valores foram observados a 0,2 m. Potencial de deriva diminuiu progressivamente até 0,8 m e apresentou pequena elevação a 1,0 m no tratamento com palha. O padrão predominante de maior coleta próximo ao piso é compatível com trajetória descendente das gotas dentro do túnel. Gandolfo et al. (2014) também observaram maior retenção nos pontos mais próximos do piso em avaliações de pontas e pressões operacionais.

Esse resultado não permite afirmar que a mesma trajetória ocorrerá em condições de campo. O túnel impõe limites físicos ao escoamento e mantém a barra e os coletores em posições fixas. Assim, a distribuição vertical observada caracteriza o comportamento nas condições controladas do ensaio e indica potencial de deposição de gotas derivadas em superfícies próximas ao local de aplicação, sem permitir extrapolação direta da distância ou da altura de transporte para ambientes abertos.

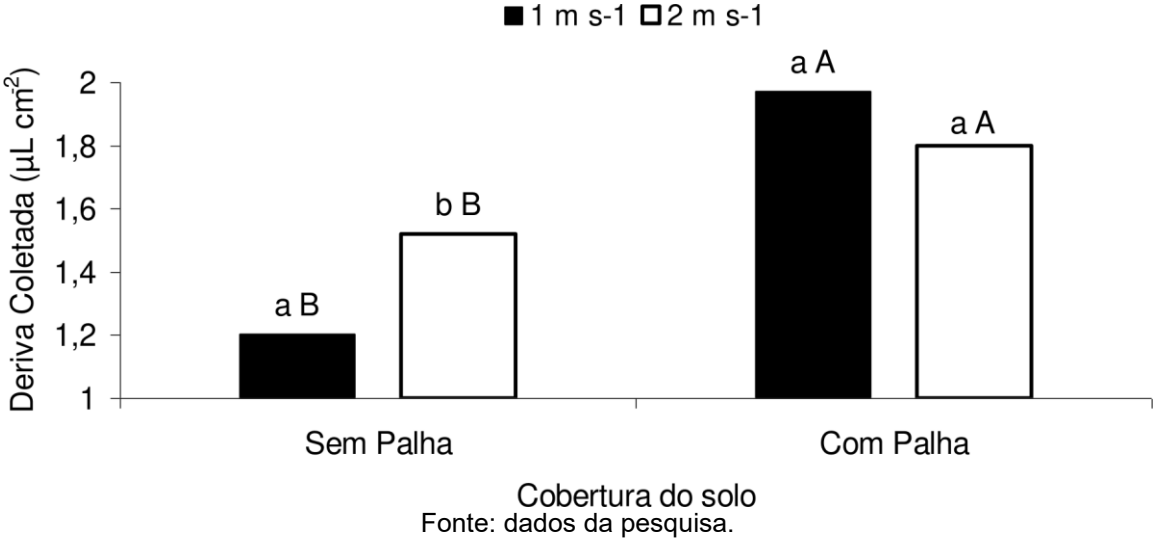
4.2 INTERAÇÃO ENTRE COBERTURA DO SOLO E VELOCIDADE DO VENTO

CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/10/2026 - **Accepted:** 11/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/per2nr26
Pages: 1-25

A comparação das combinações entre cobertura e velocidade evidenciou respostas distintas do solo com e sem palha, conforme a Figura 3.

Figura 3. Deriva coletada sob velocidades do vento de 1 e 2 m s^{-1}, com e sem cobertura morta do solo. Letras maiúsculas iguais indicam semelhança entre a deriva coletada nas coberturas do solo com e sem palha e letras minúsculas iguais indicam semelhança entre a deriva coletada nas velocidades do vento de 1 e 2 m s^{-1} pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Fonte: dados da pesquisa.

Em ambas as velocidades, a deriva coletada sobre a superfície com palha foi superior à registrada sobre o solo sem palha, conforme indicado pelas letras maiúsculas distintas. No solo sem palha, o aumento da velocidade de 1 para 2 m s^{-1} elevou significativamente potencial de deriva. No solo coberto, as letras minúsculas iguais indicaram ausência de efeito significativo da velocidade do vento. Portanto, o aumento da velocidade apresentou efeito mais pronunciado quando a superfície estava descoberta.

O aumento do potencial de deriva com a velocidade do vento no solo descoberto é consistente com avaliações em que maiores intensidades de vento resultaram em maior transporte da pulverização (COSTA et al., 2007). Entretanto, a maior deriva no tratamento com palha, independentemente da velocidade, exige interpretação específica. A cobertura foi instalada apenas nos primeiros 5 m do túnel e formou superfície mais rugosa que o solo sem palha. Essa condição pode ter modificado localmente o escoamento e aumentado a turbulência, mas essa explicação constitui hipótese, pois a turbulência não foi medida diretamente.

Outro mecanismo possível é a redução do diâmetro das gotas durante o deslocamento. Cunha (2008b) observou, por simulação, que a evaporação pode

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 13/10/2026 - **Accepted:** 11/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/per2nr26
Pages: 1-25

aumentar a distância potencial de deriva. Contudo, a evaporação não foi medida neste experimento. Dessa forma, os resultados demonstram o efeito estatístico da cobertura e da velocidade, mas não permitem separar a contribuição da rugosidade, da evaporação ou de outros componentes do escoamento.

4.3 TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE E LIMITES DA INTERPRETAÇÃO

A temperatura da superfície foi monitorada para verificar se a ventilação e a cobertura produziram diferenças que pudessem acompanhar as respostas de deriva. Os valores médios e os resultados do teste de Tukey são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios da temperatura da superfície do solo no túnel de vento

Velocidade do vento	Com palha (°C)	Sem palha (°C)
1 m s^{-1}	31,50 a A	28,37 a A
2 m s^{-1}	26,75 a B	24,37 a B

Letras maiúsculas iguais indicam ausência de diferença entre as velocidades do vento dentro de cada cobertura; letras minúsculas iguais indicam ausência de diferença entre as coberturas dentro de cada velocidade, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: dados da pesquisa.

Dentro de cada velocidade, as letras minúsculas iguais mostram que não houve diferença significativa entre as superfícies com e sem palha. Embora as médias tenham sido numericamente superiores no tratamento com palha, a diferença de cobertura não foi confirmada pela análise estatística. Por isso, a maior deriva observada sobre a palha não pode ser atribuída a uma temperatura superficial significativamente mais elevada.

A elevação da velocidade do vento de 1 para 2 m s^{-1} reduziu significativamente a temperatura superficial em ambas as coberturas: de 31,50 para 26,75 °C com palha e de 28,37 para 24,37 °C sem palha. Esse resultado é compatível com a maior retirada de calor da superfície pelo movimento do ar. Segundo Tubelis (1980), as trocas de calor próximo ao solo envolvem condução, convecção forçada e convecção livre, e a velocidade do vento participa do transporte turbulento de calor.

A cobertura vegetal pode modificar o regime térmico diário por interferir na radiação que alcança o solo e nas trocas de calor e vapor com a atmosfera (STRECK;

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/10/2026 - **Accepted:** 11/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/per2nr26
Pages: 1-25

SCHNEIDER; BURIOL, 1994; ALVALÁ et al., 2002). No presente estudo, entretanto, a ausência de diferença estatística entre as coberturas impede estabelecer relação causal. A interpretação mais segura, contudo, é de que a velocidade alterou a temperatura superficial e o potencial de deriva, apesar de que os resultados disponíveis não demonstram que a mudança térmica tenha provocado a resposta do potencial de deriva.

5. CONCLUSÃO

O potencial de deriva da calda marcadora concentrou-se nos coletores situados mais próximos da barra e do piso do túnel de vento. A cobertura morta aumentou o potencial de deriva coletada nas condições avaliadas, enquanto o aumento da velocidade do vento de 1 para 2 m s^{-1} elevou o potencial de deriva no solo sem palha, mas não produziu alteração significativa no solo coberto. Assim, a resposta do potencial de deriva ao aumento da velocidade do vento foi mais pronunciada na ausência de cobertura morta.

A maior deriva sobre a superfície coberta não pode ser atribuída à temperatura superficial, pois não houve diferença estatística de temperatura entre as coberturas. Os resultados são válidos para as condições controladas do túnel e não permitem extrapolação direta para pulverizações em campo.

REFERÊNCIAS

ALVALÁ, R. C. S.; GIELOW, R.; ROCHA, H. R.; FREITAS, H. C.; LOPES, J. M.; MANZI, A. O.; VON RANDOW, C.; DIAS, M. A. F. S.; CABRAL, O. M. R.; WATERLOO, M. J. Intradiurnal and seasonal variability of soil temperature, heat flux, soil moisture content, and thermal properties under forest and pasture in Rondônia. **Journal of Geophysical Research** - Atmospheres, v. 107, p. 10-20, 2002.

ANDEF. **Associação Nacional de Defesa Vegetal**. Manual de tecnologia de aplicação. Campinas, 2004. Disponível em: http://www.andefedu.com.br/uploads/img/manuais/arquivo/ANDEF_MANUAL_TECNOLOGIA_DE_APLICACAO_web.pdf. Acesso em: 21 maio 2013.

CHRISTOFOLETTI, J. C. **Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu controle.** São Paulo: Teejet South America, 1999. 15 p. (Boletim técnico, 4).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/10/2026 - **Accepted:** 11/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/per2nr26
Pages: 1-25

COSTA, A. G. F.; VELINI, E. D.; NEGRISOLI, E.; CARBONARI, C. A.; ROSSI, C. V. S.; CORRÊA, M. R.; SILVA, F. M. L. Efeito da intensidade do vento, da pressão e de pontas de pulverização na deriva de aplicações de herbicidas em pré-emergência. **Planta Daninha**, v. 25, n. 1, p. 203-210, 2007.

CUNHA, J. P. A. R. Simulação da deriva de agrotóxicos em diferentes condições de pulverização. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1616-1621, 2008a.

CUNHA, J. P. A. R. Simulação da deriva de agrotóxicos em diferentes métodos de aplicação. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 4, p. 487-493, 2008b.

FAO. **Guías sobre buenas prácticas para la aplicación terrestre de plaguicidas**. Roma, 2002.

GANDOLFO, M. A.; CHECHETTO, R. G.; CARVALHO, F. K.; GANDOLFO, U. D.; MORAES, E. D. Influência de pontas de pulverização e adjuvantes na deriva em caldas com glyphosate. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 3, 2013.

GANDOLFO, M. A.; CARVALHO, F. K.; CHECHETTO, R. G.; GANDOLFO, U. D.; MORAES, E. D. Effect of working pressure at different spray nozzles on drift quantification in wind tunnel**. Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 1, 2014.

MADUREIRA, P. R. **Pontas e adjuvantes no potencial risco de deriva em pulverizações de produtos fitossanitários**. 2013. 68 f. Dissertação de Mestrado em Agronomia (Proteção de Plantas) - UNESP, Botucatu, 2013.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods**. Malden: Blackwell Science, 2000. 432 p.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: FUNEP, 1990. 139 p.

MEDEIROS, Flaviane Marcolin de. **Cobertura do solo na deriva e no depósito de pulverizações sobre alvos artificiais**. 2014.

MOREIRA JÚNIOR, O. **Construção e validação de um túnel de vento para ensaios de estimativa de deriva em pulverizações agrícolas**. 2009. 72 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

OLIVEIRA, R. B. **Caracterização funcional de adjuvantes em soluções aquosas**. 2011. 122 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

PARTON, W. J.; LOGAN, J. A. A model for diurnal variation in soil and in temperature. **Agricultural Meteorology**, v. 23, p. 205-216, 1981.

STRECK, N. A.; SCHNEIDER, F. M.; BURIOL, G. A. Modificações físicas causadas pelo mulching. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 2, p. 131-142, 1994.

TUBELIS, A. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1980.

CC BY