

PULVERIZANDO INOVAÇÕES DESDE 1997



**ANONI**<sup>®</sup>  
EQUIPAMENTOS



# SISTEMA ELETROSTÁTICO

ZANONI-SPECTRUM

## EFICIÊNCIA E RENTABILIDADE NA PULVERIZAÇÃO AÉREA



+55 (44) 99864-4747  
+55 (44) 3424-2420  
+55 (44) 3424-2884



[www.zanonequipamentos.com.br](http://www.zanonequipamentos.com.br)  
[zanoni@zanonequipamentos.com.br](mailto:zanoni@zanonequipamentos.com.br)



Rodovia BR 376  
Distrito Industrial  
Paranavaí/PR - Brasil



## ELETRÓSTÁTICO ZANONI-SPECTRUM

Após anos de trabalho em conjunto com a Spectrum Electrostatic Sprayers dos EUA e com a Taim Aero Agrícola, lançamos um sistema eletrostático nacional em conformidade com os parâmetros dos desenvolvedores americanos. Além de trazer a qualidade e eficiência na aplicação típicas dessa tecnologia, os bicos são fabricados totalmente em aço inoxidável, garantindo uma longa vida útil ao equipamento.

Com a utilização de uma carga eletrostática de até 16.000 Volts, o sistema é capaz de pulverizar com grande eficiência os defensivos agrícolas, garantindo uma aplicação muito mais uniforme e com grande número de gotas impactadas no alvo, muito maior que nos sistemas convencionais de aplicação. Além da grande eficiência de aplicação do sistema, ele opera em baixo volume – 10L/ha – gerando grande rendimento para os operadores, com a redução de custos operacionais e de impactos ambientais.

O Spectrum Electrostatic System foi desenvolvido pelo engenheiro James B. Carlton, Ph.D, e patentado pela USDA. Em 1999, a USDA garantiu à Spectrum Electrostatic Sprayers a licença exclusiva para fabricação e distribuição desta tecnologia inovadora, empresa parceira da Zanoni Equipamentos para o desenvolvimento desse produto.

Para mais informações, acesse o site de nossos parceiros:



## EFICIÊNCIA E RENTABILIDADE NA PULVERIZAÇÃO AÉREA

O uso do sistema eletrostático garante uma aplicação mais eficiente, pois oferece uma melhor deposição e cobertura mais uniforme do cultivo, e mais rentável, já que possibilita a redução da calda.

### EFICIÊNCIA

Ao possibilitar o uso de gotas mais finas e uma cobertura mais uniforme do que em aplicações convencionais, o sistema eletrostático apresenta um controle aprimorado de insetos, doenças, ervas daninhas e outras pragas:

- Melhoria de até 100% na deposição da calda (gotas/cm<sup>2</sup>), incluindo a parte inferior das folhas.
- Alcance eficiente do alvo da aplicação.



Melhor deposição de gotas.



Alcance eficiente do alvo.



Controle eficiente de pragas.



Aumento da produtividade.

### RENTABILIDADE

Com a possibilidade de redução da calda sem perda de eficiência na aplicação, o sistema eletrostático reduz custos operacionais e apresenta ganhos em termos de segurança ambiental e humana:

- Redução de gastos com reaplicação de produtos fitossanitários;
- Aumento da autonomia de voo;
- Redução da quantidade de reabastecimentos da aeronave;
- Redução da poluição e ganhos de imagem relacionados à sustentabilidade;
- Redução de riscos ambientais, desde que seguidas as orientações de boas práticas para aplicações aéreas.



Redução da calda.



Maior autonomia de voo.



Diminuição de custos operacionais.



Excelência em sustentabilidade.

## O SISTEMA ELETROSTÁTICO

Ao aplicar uma carga eletrostática de até 16.000 Volts, o sistema garante que as gotas não se choquem e faz com que sejam atraídas para a área de impacto, aumentando a sua uniformidade e deposição.

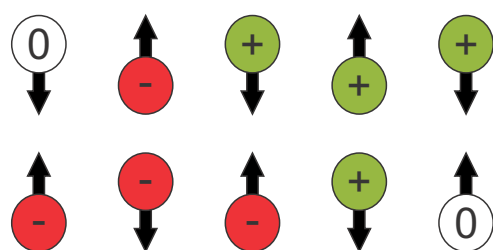
### COMO FUNCIONA O SISTEMA

O sistema possui bicos cônicos de pulverização centrados em um eletrodo em forma de anel. Conforme a calda passa pelo bico, ela é quebrada em gotas finas e muito finas (tamanho médio de gotas na ordem de 100 micras), e, ao passar pelo eletrodo, são expostas a um campo que induz as gotas eletrostaticamente.

O resultado disto é que as gotas ficam com uma modificação temporária no seu balanço de elétrons e de prótons.



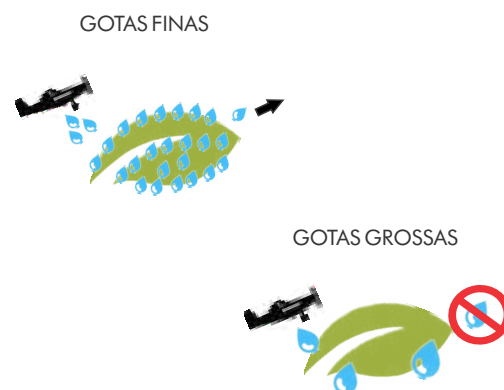
### A CARGA ELETROSTÁTICA



Todas as matérias que conhecemos são formadas por átomos, que são compostos por três partículas elementares: nêutrons, prótons e elétrons. Quando o número de elétrons e de prótons em um corpo são diferentes, ele ficará positivamente carregado (mais prótons do que elétrons) ou negativamente carregado (mais elétrons do que prótons). Corpos carregados atraem corpos neutros ou com carga inversa a sua e repelem corpos com cargas iguais.

### TAMANHO DAS GOTAS

Aplicações com gotas finas e muito finas em volume de calda reduzido apresentam uma eficiência muito superior às com gotas de tamanhos maiores, pois garantem uma cobertura muito maior sobre o alvo. O principal problema desse tipo de aplicação, no entanto, é a deriva, pois gotas finas podem ser carregadas pelo vento devido ao seu pequeno volume.



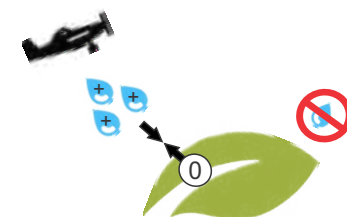


## ATRAÇÃO PARA A ÁREA DE IMPACTO

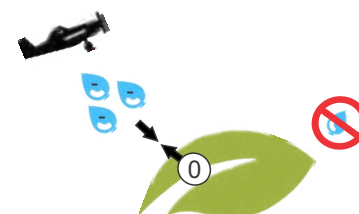
As gotas eletrostaticamente carregadas são atraídas por objetos condutores, incluindo plantações, árvores, arbustos e outras plantas. Isto ocorre devido a necessidade que as gotas carregadas precisam buscar um balanço neutro de elétrons e prótons. Quando uma grande quantidade de gotas carregadas, neste caso, positivamente, se aproxima do alvo, as gotas atraem e retiram elétrons que estão na planta. Este processo funciona como um "ímã", pois as gotas são atraídas para as plantas. O mesmo ocorre com as gotas carregadas negativamente, onde as plantas irão fornecer prótons para as gotas e atuarão como ímãs.

O balanço final deste processo é nulo, pois todas as plantas estão em contato com a terra, onde é descarregado o excedente de carga elétrica. As características do produto fitossanitário não são alteradas por esse processo e, dessa forma, o sistema eletrostático possibilita trabalhar mesmo com mais gotas finas.

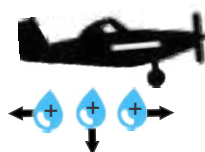
ATENÇÃO: o sistema eletrostático não garante a inexistência de deriva. Ele contribui para redução de seus riscos, desde que seja utilizado da maneira apropriada e que o piloto siga todos os procedimentos necessários para evitar esse problema.



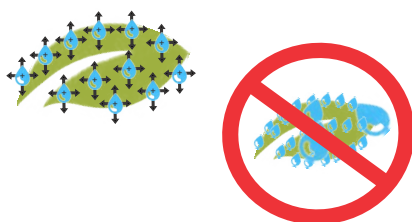
Planta atrai gotas finas carregadas eletrostaticamente.



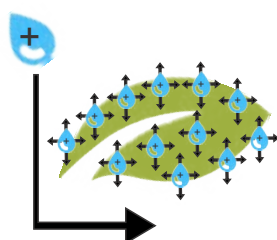
## DEPOSIÇÃO DAS GOTAS



Gotas se repelem durante a pulverização, garantindo uniformidade na aplicação.



Carga eletrostática evita que haja sobreposição de gotas no alvo.



Gotas atingem todas as áreas do alvo.

Ao contrário de sistemas convencionais de aplicação, onde as gotas pulverizadas tendem a se colidir formando gotas maiores antes de atingir a zona de impacto, as gotas eletrostaticamente carregadas produzidas pelo sistema de bicos do eletrostático se repelem, devido que cargas de mesma polaridade, mantendo o mesmo tamanho de gota e mesmo número de gotas que foram produzidas originalmente e com isto a deposição na zona de impacto (plantas) é muito maior que aplicações convencionais.

Adicionalmente, conforme as gotas vão se depositando na superfície das plantas, as cargas elétricas naquela área são rebalancadas, forçando as demais gotas para outras superfícies da planta que ainda não estão balanceadas, gerando assim uma cobertura uniforme em toda a área foliar da planta, incluindo plantas com grande área foliar, densa vegetação e até na parte inferior/traseira do alvo.

Em aplicações convencionais, as gotas são influenciadas apenas por fatores externos (gravidade, pressão do ar, temperatura, etc), sendo que as gotas e as plantas não exercem nenhuma influencia uma na outra.



## O SISTEMA ELETROSTÁTICO ZANONI-SPECTRUM

O sistema eletrostático Zanoni-Spectrum foi desenvolvido em parceria com os detentores da patente desse equipamento, trazendo para o Brasil a fabricação dessa inovação em conformidade com os parâmetros norte-americanos. Além de toda a expertise oferecida pelos pioneiros da Spectrum Electrostatic Sprayers e do conhecimento operacional da Taim Aero Agrícola, a tecnologia possui a tradicional qualidade e durabilidade Zanoni.

Projetado para uso em todas as aeronaves agrícolas (incluindo Ipanema, Cessna, Pawnee, Air Tractor, Thrush e helicópteros), o sistema conta com bicos fabricados em aço inoxidável, que garantem uma longa durabilidade e resistência à corrosão dos agroquímicos, com pontas de primeira qualidade que oferecem uma excelente uniformidade de gotas. Os bicos Zanoni foram desenvolvidos para oferecer uma manutenção e limpeza simples, ponto crucial para o bom desempenho do sistema, conforme detalhado adiante nesse documento.

O sistema possui duas cargas contrárias para as barras, sendo barra direita positiva (+) e a esquerda negativa (-). É possível também utilizar apenas uma carga para as duas barras (pesquisas agrônômicas realizadas até o momento indicaram uma eficiência na aplicação bastante satisfatória para o uso apenas da carga negativa em ambas as barras).

O sistema eletrostático Zanoni-Spectrum apresenta informações em seu visor para que o piloto agrícola possa regulá-lo corretamente durante o voo, já que a carga eletrostática ideal é diferente para cada condição ambiental e calda (que possui diferentes condutividades de acordo com o produto aplicado). Além disso, o sistema corta a carga automaticamente em caso de encircuitamento.

## SISTEMA ELETROSTÁTICO ZANONI-SPECTRUM Z 10001EL



ITEM	PRODUTO
1	MÓDULO DE POTÊNCIA DO ELETROSTÁTICO
2	CABO MÓDULO DE POTÊNCIA-MÓDULO VISOR
3	CABO MÓDULO DE POTÊNCIA-MÓDULO DE CONTROLE
4	MÓDULO VISOR DO ELETROSTÁTICO
5	MÓDULO DE CONTROLE DO ELETROSTÁTICO
6	BICOS DE PULVERIZAÇÃO PARA ELETROSTÁTICO
7	CABO DE AÇO DE ALTA TENSÃO
8	HASTE DE ISOLAMENTO



## BICOS

PRESSÃO (aprox.)	VAZÃO DOS BICOS ZANONI – JATO CÔNICO VAZIO (L/MIN)*				
	BICO 1	BICO 2	BICO 3	BICO 4	BICO 5
29 PSI	0,218	0,327	0,433	0,541	0,649
43,5 PSI	0,262	0,393	0,525	0,657	0,788
58 PSI	0,299	0,448	0,603	0,753	0,904
72,5 PSI	0,331	0,496	0,671	0,838	1,01
87 PSI	0,360	0,539	0,732	0,915	1,10
101,5 PSI	0,386	0,579	0,788	0,985	1,18

\*O eletrostático Zanoni-Spectrum foi desenvolvido para trabalhar com faixa efetiva de 16 a 18 metros, normalmente com vazão de 10L/ha (bico 4, que vai com o equipamento da fábrica), a qual, em determinados casos, pode ser equivalente a aplicações de 30L/ha com métodos convencionais. Para outras vazões, solicite à Zanoni um dos outros tipos de bicos.

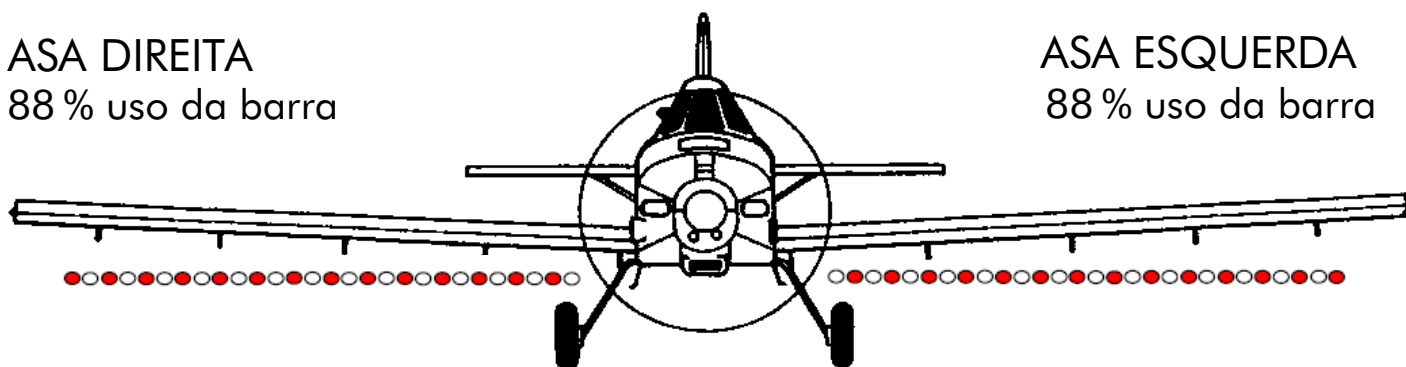
## DESEMPENHO\*



## IPANEMA 202

ASA DIREITA  
88 % uso da barra

ASA ESQUERDA  
88 % uso da barra



- Presença de ponta.
- Ausência de ponta.

Taxa de aplicação	10 Litros/hectare	Velocidade voo	170km/h
Altura de voo	3.0metros	Bicos/Número	TXVK (52)
Faixa efetiva	16a 18 metros	Pressão	70PSI
Uniformidade (C.V.)	7% (carrossel) 9% (vai e vem)	DMV	159micra

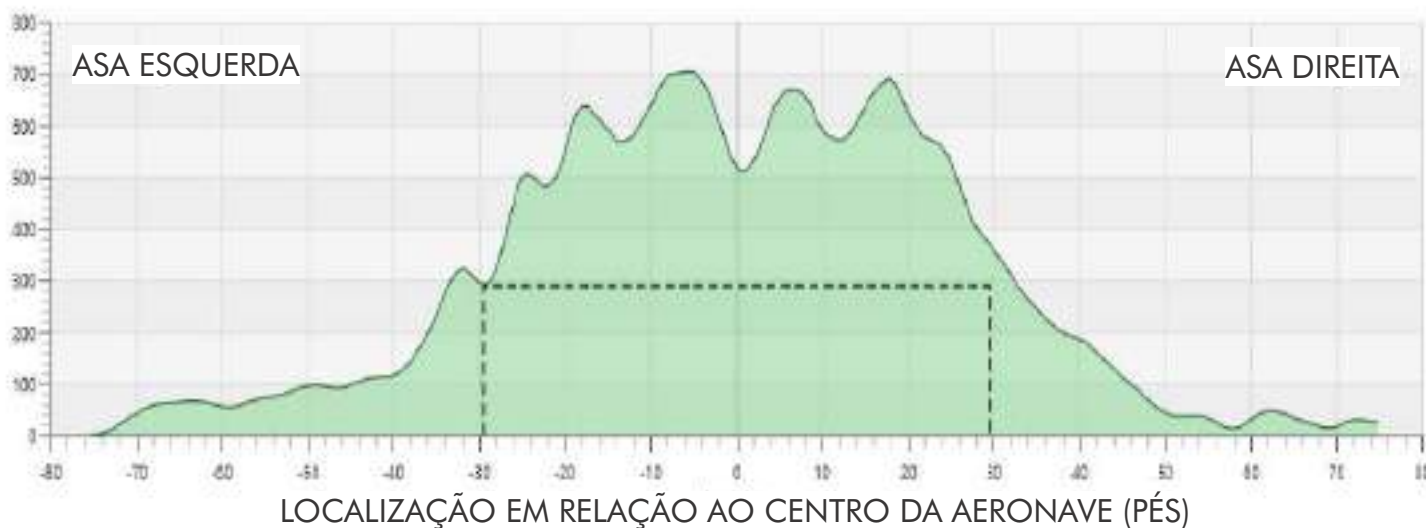
\*Teste conduzido por Henrique Campos, PhD (Sabri, Dopro). Para mais informações sobre a pesquisa, veja a página seguinte.



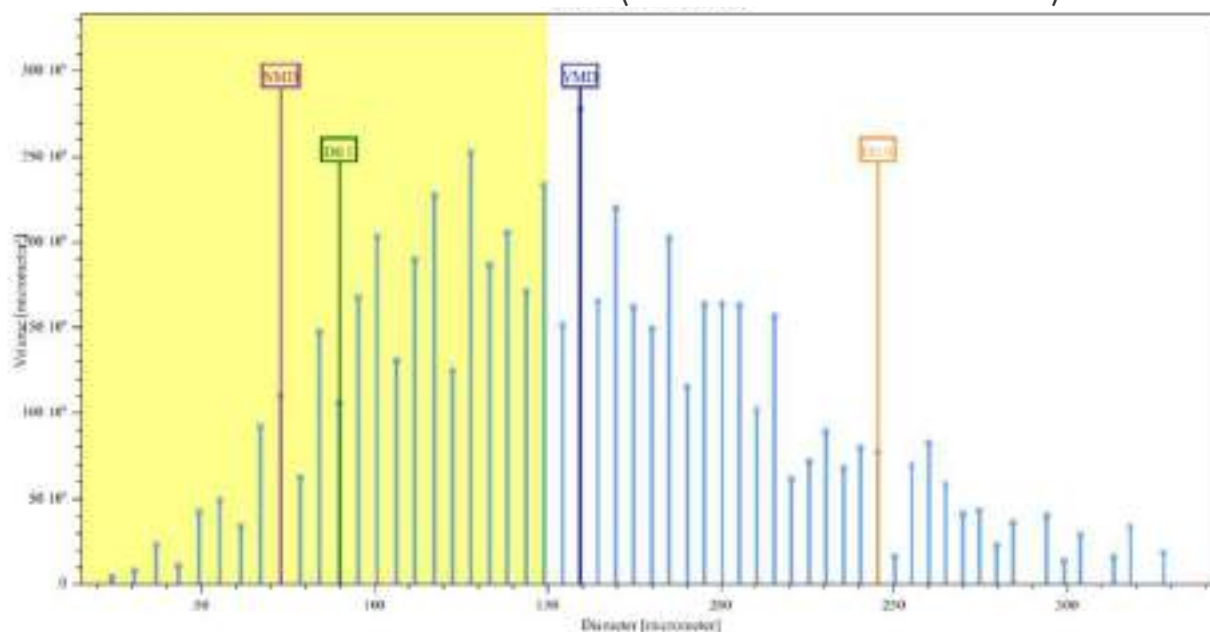
## DESEMPENHO

Os dados aqui apresentados foram extraídos de testes conduzidos na cidade de Pelotas em agosto de 2020. Foram realizados com um aeronave Ipanema da Taim Aero Agrícola, com a calibração apresentada na página anterior, apenas com a carga negativa do eletrostático (em ambas as barras). A aplicação foi realizada com água, numa temperatura de 20°C, com fortes ventos de proa (de 12 a 18 km/h), e uma umidade relativa do ar de 72%. O desempenho pode variar consideravelmente de acordo com cada uma dessas condições. Conforme os dados apresentados a seguir, os resultados foram bastante satisfatórios, mesmo com condições climáticas muito adversas.

### FAIXA EFETIVA E DISTRIBUIÇÃO



### ESPECTRO DE GOTAS (DIÂMETRO x VOLUME)



## INSTALAÇÃO

### BICOS

Certifique a posição paralela entre os bocais e o aperto dos bicos. A ponta do bico deve estar totalmente centralizada no eletrodo de aço inox. Verifique que não haja nenhum tipo de vazamento. Em aeronaves de asa fixa, o primeiro bico é instalado na segunda rosca da barra de pulverização. Para helicópteros, o primeiro bico costuma ser instalado próximo à linha do trem de pouso.



### HASTE DE ISOLAMENTO

A haste de isolamento é fixada na primeira rosca da barra de pulverização.

### CABO DE ALTA TENSÃO DOS BICOS

Utilizado para transportar alta tensão entre todos os bicos, ele é fixado na haste de isolamento e depois conectado nos parafusos dos eletrodos de cada um dos bicos.



### ATERRAMENTO DA BARRA

Verifique que as duas barras tenham um bom aterramento na estrutura da aeronave. O aterramento ideal é realizado com um suporte do filtro Y (que deve ser fabricado com algum material condutivo), conforme a imagem ao lado. Caso tenha dúvidas quanto ao aterramento, conecte um cabo do filtro Y à estrutura da aeronave (remova a tinta do local onde o cabo é conectado para conseguir um bom aterramento), certificando-se que o filtro tenha contato direto com cada uma das barras de pulverização.

**ATENÇÃO:** o aterramento deve estar distante do cabo de alta tensão.



## MÓDULO DE POTÊNCIA

O módulo de potência é localizado de acordo com a preferência do operador. Conecte os cabos de alta tensão do módulo de potência até a haste de isolamento localizada na barra (conforme imagem da página anterior). A haste de isolamento é responsável por fazer a ligação destes com os cabos de alta tensão dos bicos (certifique-se de que os cabos sejam instalados para o lado correto das barras - esquerda/direita - caso utilize as duas cargas). Recomendamos passar o cabo de alta tensão por uma mangueira para evitar problemas.

Os cabos devem passar pela fuselagem, cada um por um orifício diferente (não utilize o mesmo orifício do cabo de aterramento) e não devem ter contato com nenhuma outra parte da aeronave. Caso seja impossível não haver contato com a aeronave, mantenha uma distância mínima de 50cm entre a área de contato do cabo e a haste de isolamento.



INSTALAÇÃO DOS CABOS DO VISOR E DO CONTROLE NO MÓDULO DE



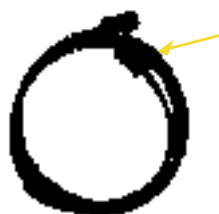
POSICIONAMENTO DO VISOR E DO CONTROLE EM HELICÓPTERO



POSICIONAMENTO DO VISOR EM AERONAVE DE ASA FIXA



CABO DE LIGAÇÃO DO SISTEMA, JUNTO AO CABO CONTROL-POTÊNCIA



Fixe os dois módulos na cabine da aeronave, no local de sua preferência. Conecte o visor ao módulo de potência com o cabo visor-potência e conecte o controle ao módulo de potência com o cabo controle-potência.

O cabo controle-potência possui também um cabo de ligação do sistema. Conecte o polo positivo ao barramento positivo da aeronave e o polo negativo à estrutura, para aterramento. Assim, o sistema estará completamente instalado.

O módulo de controle já possui um fusível de 5A. O sistema eletrostático Zanoni-Spectrum padrão é desenvolvido para aeronaves de 24V. Para aeronaves de 12V, solicite à equipe Zanoni o equipamento necessário para sua adaptação.



## REGULAGEM E OPERAÇÃO

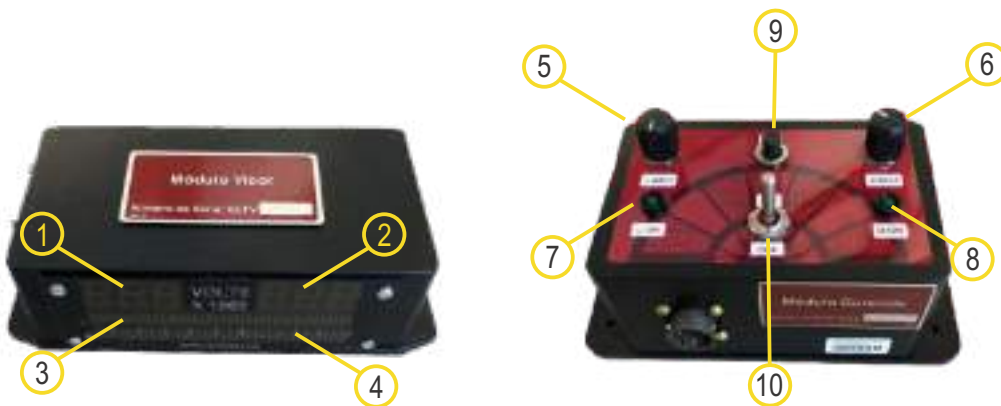
### PAINEL DE CONTROLE E VISOR

O sistema eletrostático Zanoni-Spectrum possui um módulo de controle para a regulagem tanto da carga positiva quanto da negativa (uma para cada barra). É possível também utilizar apenas uma carga para as duas barras (conforme já mencionado, testes agronômicos apenas com a carga negativa têm apresentado resultados bastante satisfatórios)

O visor apresenta quatro indicadores: a voltagem das duas barras (carga gerada pelo sistema, item 1 e 2 da figura abaixo) e a corrente das duas barras (carga estática no eletrodo ou correndo para o terra da aeronave, medida em amperes, item 3 e 4 da figura abaixo). Os indicadores trabalham de forma oposta e conjunta, ou seja, a carga das barras (voltagem) é consequência inversa da corrente (amperes) e, na medida que uma aumenta, a outra diminui.

Ligue o sistema somente com a aeronave em vôo, pois do contrário os bicos de pulverização podem ser danificados. Quando estiver em vôo, ligue o módulo de controle (item 10 na figura abaixo). Regule a corrente (amperes) em cada uma das barras para alcançar a voltagem desejada, através dos controles (item 5 e 6 na figura abaixo). Caso esteja utilizando uma carga para cada barra (positiva e negativa), mantenha os mesmos parâmetros para cada uma delas.

A voltagem ideal varia de acordo com a calda pulverizada, que possui diferentes características de condutividade a depender do produto aplicado, não sendo indicado operar com carga acima de 11 mil volts (item 1 e 2 na figura abaixo). Costuma-se trabalhar com corrente entre 3,5 e 4,5 (item 3 e 4 na figura abaixo), devendo-se operar com corrente inferior a 7. Note que, caso a corrente (amperes) aumente em excesso ou a voltagem diminua consideravelmente, estará indicando curto-circuito no sistema e os bicos não estarão recebendo a carga adequada.



ITEM	OBSERVAÇÃO
1	INDICADOR VOLTAGEM ESQUERDA
2	INDICADOR VOLTAGEM DIREITA
3	INDICADOR AMPERAGEM ESQUERDA
4	INDICADOR AMPERAGEM DIREITA
5	CONTROLE CARGA ESQUERDA
6	CONTROLE CARGA DIREITA
7	LUZ DE INDICAÇÃO DO FUNCIONAMENTO ESQUERDA
8	LUZ DE INDICAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DIREITA
9	FUSÍVEL 5A
10	CHAVE PARA LIGAÇÃO DO SISTEMA



## MANUTENÇÃO DA HASTE

Mantenha a haste de isolamento sempre limpa e em perfeito estado, pois ela é primordial para o funcionamento do sistema, já que a alta tensão não deve entrar em contato com a aeronave. Em caso de danificação, não utilize materiais semelhantes visualmente, pois estes podem não isolar a tensão da maneira correta. O mesmo vale para as capas de proteção do cabos. Nunca utilize produtos de limpeza com materiais altamente condutivos (como metacil), sendo indicado uso apenas de detergente neutro ou água.

## BICOS

O bico Zanoni é fabricado em aço inoxidável, apresentando um padrão de excelência em termos de resistência à alta tensão e à corrosão de produtos fitossanitários, oferecendo uma grande durabilidade para o operador. Desenvolvido de acordo com os padrões da Spectrum, o bico possui um formato que evita que haja proximidade entre o eletrodo e a barra de pulverização, garantindo um isolamento completo da carga.

Verifique sempre que a ponta do bico esteja centralizada no eletrodo. O corpo do bico deve estar sempre limpo para evitar curto-circuito no sistema. Caso seja realizada alguma limpeza durante o trabalho, deverá ser feita apenas com água. As mesmas recomendações de limpeza para a haste de isolamento se aplicam para os bicos ao final da operação.

## ATERRAMENTO DAS BARRAS

Para que o sistema funcione da melhor maneira possível, é necessário que o circuito elétrico esteja completamente fechado, ou seja, apenas os eletrodos recebem alta tensão e as barras de pulverização fiquem aterradas.

Verifique sempre se o aterramento está bem realizado, com o cabo de aterramento ou suporte preso na barra (ou no filtro Y) e bem fixado na estrutura da aeronave.

Para o funcionamento ideal do sistema, a alta tensão deve estar localizada apenas no eletrodo dos bicos. O módulo do visor indica se a carga está "parada" no eletrodo (corrente/amperagem baixa) ou se ela está sendo transferida para a parte aterrada da aeronave (corrente/amperagem alta)

Vazamentos em qualquer parte do sistema de pulverização podem sujar os bicos e a haste de isolamento, rompendo o isolamento e permitindo a fuga da alta tensão para o aterramento (curto-circuito do sistema).

## IDENTIFICAÇÃO DE CURTO-CIRCUITO

A corrente (amperes - item 2) deve operar abaixo de 7, sendo que o ideal é entre 3,5 e 4,5. Caso a corrente ultrapasse esse valor, diminua a carga do sistema através do controle. Se a corrente se mantiver alta (e principalmente se a carga/voltagem, indicada no item 1, diminuir consideravelmente), o sistema pode estar indicando o início de um curto-circuito. Lembre-se sempre que a voltagem é inversa à corrente e, caso essa última apresente um valor muito elevado, os bicos não estarão recebendo a carga eletrostática ideal. Para resolver o problema, após realizar o pouso da aeronave, limpe os bicos e a haste de isolamento e verifique todos os cuidados mencionados anteriormente (como vazamentos, isolamento e aterramento). Caso os problemas persistam, entre em contato com a equipe Zanoni-Spectrum.





## INOVAÇÃO E TECNOLOGIA EM PULVERIZAÇÃO

A Zanoni Equipamentos é a empresa líder na fabricação de sistemas de pulverização aeroagrícolas no Brasil e na América Latina, atuando há mais de duas décadas. Focada em pesquisa e produção de equipamentos de qualidade para o agronegócio, a empresa vem oferecendo constantemente diversas inovações para a aviação agrícola, como o sistema de pulverização mais eficiente e durável disponível no mercado brasileiro e no mercado internacional, comportas de fácil operação que garantem um combate a incêndio preciso, bicos rotativos que oferecem um padrão de excelência em termos de uniformidade de gotas, dentre outras.

Mantendo o compromisso de sempre trazer inovações para a frota nacional, a Zanoni Equipamentos é parceira de duas das empresas de maior respaldo para o desenvolvimento do sistema eletrostático. Além dos amigos da Taim Aero Agrícola, que opera desde 1992 e foi a pioneira no uso desse tipo de equipamento no Brasil em 2001, a tecnologia conta com o respaldo da Spectrum Electrostatic Sprayers dos EUA, a primeira empresa no mundo a desenvolver sistemas de pulverização eletrostáticos. Dessa forma, o eletrostático Zanoni-Spectrum uniu os parâmetros dos desenvolvedores da tecnologia junto à tradicional qualidade Zanoni, voltado para atender às necessidades dos pilotos brasileiros.

A Zanoni Equipamentos mantém suas portas abertas para ouvir problemas, críticas e sugestões de todos os seus parceiros, buscando sempre contribuir para o avanço da aviação agrícola brasileira e para a qualidade da pulverização aérea em todo o mundo.

### NOSSOS PARCEIROS:

#### Spectrum Electrostatic Sprayers

Brasil: (53) 99976 9733  
EUA: (713) 783-5771  
spectrumssprayers@comcast.net  
Houston, Texas 77063 (EUA)

[www.spectrumssprayer.com](http://www.spectrumssprayer.com)





+55 (44) 3424-2420  
+55 (44) 3424-2884



[www.zanonequipamentos.com.br](http://www.zanonequipamentos.com.br)  
[zanoni@zanonequipamentos.com.br](mailto:zanoni@zanonequipamentos.com.br)



Rodovia BR 376  
Distrito Industrial  
Paranavaí/PR - Brasil



+55 (44) 99864-4747



[/zanonequipamentos](https://www.facebook.com/zanonequipamentos)



[@zanonequipamentos](https://www.instagram.com/zanonequipamentos)