

# Dinâmica do herbicida Ranger (clomazona+hexazinona) aplicado sobre a palha de cana-de-açúcar (cana crua)

CORREA, M.R.<sup>1</sup>; CARBONARI, C.A.<sup>1</sup>; NEGRISOLI, E.<sup>1</sup>; ROSSI, C.V.S.<sup>1</sup>;  
VELINI, E.D.<sup>2</sup>; OLIVEIRA, C.P.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> TechField-Nupam/FCA-Unesp, Botucatu/SP, marcelorcorrea@uol.com.br

<sup>2</sup> FCA-Unesp, Botucatu/SP, velini@fca.unesp.br)

<sup>3</sup> DuPont, Ribeirão Preto/SP, carulina.p.oliveira@bra.dupont.com)

**RESUMO** - Este trabalho teve como objetivo estudar a dinâmica do herbicida Ranger (clomazone + hexazinone) aplicado sobre palha de cana-de-açúcar deixada sobre o solo, em sistema de cana crua. Três ensaios foram realizados sobre diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar, em diferentes intervalos de tempo e volumes de simulação de chuvas após aplicação do herbicida. No primeiro ensaio, foi avaliada a interceptação do herbicida por 0, 1, 2,5, 5, 7,5, 10, 15 e 20 t ha<sup>-1</sup> de palha de cana-de-açúcar. A lixiviação do herbicida em 5, 10, 15 e 20 t de palha ha<sup>-1</sup> foi avaliada sob simulação de chuva de 2,5, 5, 10, 15, 20, 35 e 65 mm, um dia após a aplicação do segundo ensaio. No terceiro ensaio, foi avaliado o efeito dos intervalos de tempo entre a aplicação do herbicida e a primeira chuva na lixiviação do herbicida Ranger (0, 1, 7, 15 e 30 dias) em 10 t ha<sup>-1</sup> de palha, em função das mesmas precipitações simuladas no segundo ensaio. A quantificação dos ingredientes ativos foi realizada por CLAE e os resultados obtidos no segundo e terceiro ensaios foram ajustados pelo modelo de Mitscherlich ( $Y = a * (1 - 10^{-c * (b + x)})$ ). Quantidades de palha iguais ou superiores a 5 t ha<sup>-1</sup> apresentam interceptação quase que total do herbicida no momento da aplicação, sendo nula a transposição. Com o aumento da quantidade de palha, ocorreu diminuição na quantidade de herbicida lixiviado pela ação da chuva simulada, principalmente para as maiores quantidades de palha. Quanto maior o intervalo de tempo entre a aplicação do herbicida e a primeira chuva, menor é a lixiviação total do produto.

**PALAVRAS-CHAVES:** Ranger, lixiviação, transposição, mobilidade.

## *Performance of ranger (clomazone + hexazinone) applied on sugarcane straw*

**ABSTRACT** – The purpose of this study was evaluate the dynamics of the herbicide Ranger (clomazone + hexazinone) applied on sugarcane straw left on the soil under the crude cane system, three assays were carried out to evaluate the performance of this herbicide applied on different amounts of sugarcane straw in different periods and under different rainfall intensities after its application. In the first assay, herbicide interception was assessed by 0, 1, 2.5, 5, 7.5, 10, 15 and 20 t ha<sup>-1</sup> of straw. In the second assay, herbicide

leaching through 5, 10, 15 and 20 t ha<sup>-1</sup> of straw was evaluated under rain simulation equivalent to 2.5 up to 65 mmrain, one day after application (DAA). On the third assay, the effect of the time intervals between herbicide application and the first rain on herbicide leaching (0, 1, 7, 15 and 30 days) on the straw (10 t ha<sup>-1</sup>) was evaluated under the same rainfall amounts simulated in the second study. The herbicide was quantified by HPLC and the results obtained in second and third assays was adjusted by the Mitscherlich model ( $Y=a*(1-10^{(-c*(x+b))})$ ). The results from the different assays demonstrated that straw amounts equal or superior to 5 t ha<sup>-1</sup> present an interception almost equivalent to the total of the applied herbicide with transposition being null. It can be observed that the higher the amount of straw, the smaller the total amount leached, mainly for 15 and 20 t ha<sup>-1</sup>, and longer the time interval between herbicide application and first rain, the smaller the total leaching of the product by maximum precipitation.

**KEY WORDS:** Ranger; transposition, leaching, mobility

## INTRODUÇÃO

Os resíduos da colheita mecanizada da cultura da cana-de-açúcar sem queima (cana crua) afetam de forma intensa o estabelecimento de plantas daninhas, pois, limitam a variação da temperatura na superfície do solo devido a menor incidência de luz e manutenção do teor de água do solo; formam uma barreira física a ser transposta pelas plântulas, sobremaneira importante para as plantas daninhas, com pequenas quantidades de reservas nas sementes; aumenta a quantidade de microrganismos que podem acelerar a decomposição de sementes. Estes resíduos dependendo da variedade utilizada pode deixar sobre o solo uma espessa camada de palha que pode superar 20 t/ha (Velini & Negrisoni, 2000).

Quando um herbicida é aplicado sobre a palha, é interceptado pela superfície desta e torna-se vulnerável à volatilização e/ou fotólise, até ser lixiviado para o solo (Locke & Bryson, 1997). O transporte de herbicidas da palha para o solo é dependente das características físico-químicas do herbicida, bem como do período em que a área permanece sem chuva após a aplicação. A partir do momento que esses herbicidas atingem o solo, apresentam maior distribuição e persistência, devido aos canais formados pelos restos vegetais ou por organismos do solo e, principalmente, pela amenização dos processos de degradação(Sorenson et al.,1991).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a dinâmica do herbicida Ranger (clomazona + hexazinona) aplicado sobre diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar com diferentes intervalos de tempo entre a aplicação e a ocorrência das primeiras chuvas, no sistema de produção de cana crua.

## MATERIAL E METODOS

Para estudo da interceptação do Ranger (clomazone + hexazinone) pela palha da cana-de-açúcar foram realizados dois testes. No primeiro, utilizaram-se unidades experimentais de 0,016014 m<sup>2</sup>, nas quais foram colocadas as quantidades de palha de cana-de-açúcar equivalentes a: 0, 1, 2,5, 5, 7,5, 10, 15 e 20 t ha<sup>-1</sup> de palha. No segundo estudo, as unidades experimentais continham 0,04909 m<sup>2</sup>, com 5, 10, 15 e 20 t ha<sup>-1</sup> de palha de cana-de-açúcar. Para os dois testes, os tratamentos tiveram quatro repetições. No primeiro teste, logo após a aplicação, os alvos plásticos previamente posicionados sob a camada de palha foram lavados com volume de 50 ml de água destilada. No segundo, após a aplicação, os funis posicionados abaixo das unidades experimentais foram lavados com volume de 1,0 L de água destilada. As amostras obtidas foram armazenadas para análise por cromatografia. Posteriormente, o clomazone e hexazinone que transpuseram a palha no momento da aplicação foram quantificados.

Para o estudo de lixiviação do clomazone e hexazinone na palha de cana-de-açúcar, foram utilizadas unidades experimentais de 0,04909 m<sup>2</sup>, com palha equivalente a 5, 10, 15 e 20 t ha<sup>-1</sup> de palha de cana-de-açúcar. Um dia após a aplicação foram realizadas simulações de chuva com volumes equivalentes a 2,5, 5, 10, 20, 35, 50 e 65 mm. A água que transpôs a palha foi coletada em um recipiente, medindo-se o volume e retirando deste uma alíquota para quantificação dos ingredientes ativos lixiviados por meio de análise cromatográfica (CLAE). Foram utilizadas quatro repetições para cada quantidade de palha. Os dados obtidos neste ensaio foram usados na análise de regressão, utilizando modelo de Mitscherlich  $Y = a * (1 - 10^{-c * (b + x)})$ , em que:

$Y$ : é a quantidade do herbicida lixiviado em g ha<sup>-1</sup>; e  $a, b$  e  $c$ : são parâmetros da equação, sendo  $a$  a quantidade máxima do herbicida retirada pela lâmina de chuva aplicada;  $b$ , o deslocamento lateral da curva;  $c$ , a concavidade da curva; e  $x$ , a quantidade de chuva simulada (mm). Este procedimento permite avaliar a quantidade de produto que passa pela palha e pode efetivamente atingir o solo na ocorrência de diferentes quantidades de chuva.

Para o terceiro estudo (Efeito dos intervalos entre a aplicação e a primeira chuva na lixiviação do herbicida), foi utilizada a unidade experimental de 0,04909 m<sup>2</sup>, porém somente com a quantidade de 10 t de cana-de-açúcar ha<sup>-1</sup>. O intervalo entre a aplicação e as simulações de chuva foram de 0, 1, 15, 30, 45 e 60 dias. Após aplicação, os suportes contendo as palhas foram levados para casa de vegetação e mantidos até o intervalo de tempo estipulado, quando foram realizadas as simulações de chuva com as lâminas equivalentes a 2,5, 5, 10, 20, 35, 50 e 100 mm, seguindo-se o procedimento

descrito no ensaio anterior para obtenção das amostras. Novamente, foram utilizadas quatro repetições por quantidade de palha. Os dados obtidos neste ensaio foram usados na análise de regressão, utilizando o modelo de Mitscherlich  $Y = a * (1 - 10^{-c * (b + x)})$ .

Para quantificação do clomazone e hexazinone, foram retirados 5 mL de cada amostra. Essas alíquotas foram elevadas a um volume de 10 mL de metanol: água em 35:65 (v v<sup>-1</sup>). Posteriormente, as soluções assim obtidas foram filtradas e devidamente analisadas por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). Os sinais analíticos dos picos de clomazone e hexazinone das amostras transformados em área foram comparados com a curva de calibração das soluções-padrão do herbicida.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são apresentados os dados de interceptação dos ingredientes ativos clomazone e hexazinone para as quantidades de palha de 0, 1, 2,5, 5, 7,5, 10, 15 e 20 t de palha de cana-de-açúcar ha<sup>-1</sup>, no momento da aplicação, sendo retidos 0, 55,0; 92,9; 98,5; 99,7; 99,7; 99,8 e 99,8% do herbicida clomazone aplicado, respectivamente. Em relação ao hexazinone, as porcentagens retidas foram 0,0; 55,9; 84,6; 96,9; 99,6; 100,0; 100,0 e 100,0%, respectivamente. Portanto, observa-se que em quantidade de palha igual ou superior a 5 t ha<sup>-1</sup> há interceptação quase que total do herbicida aplicado, sendo praticamente nula a quantidade de produto que atinge o solo no momento da aplicação. Isso demonstra a necessidade de chuva após a aplicação, pois o produto precisa atingir o solo para atuar de forma eficaz.

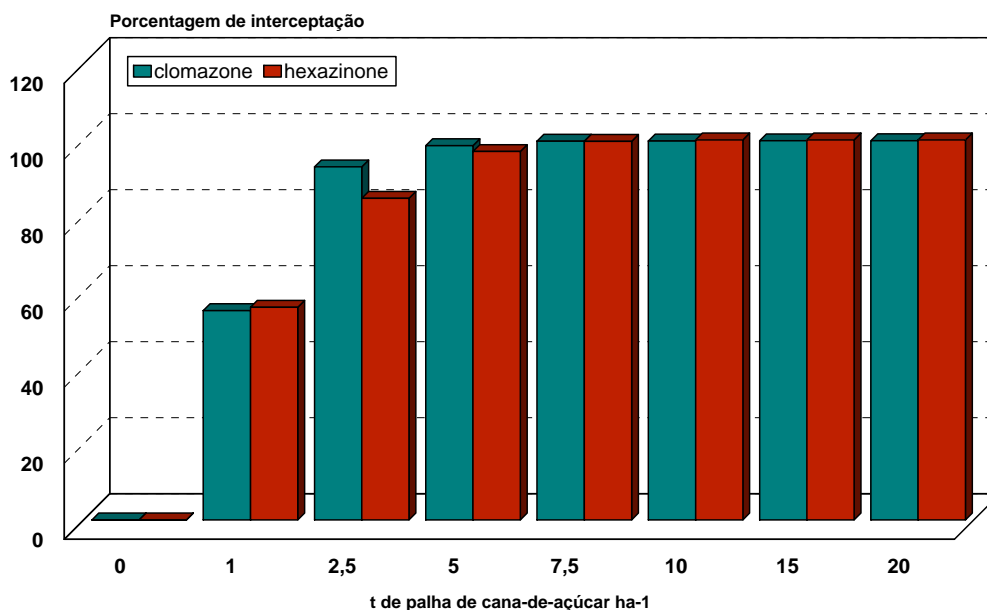
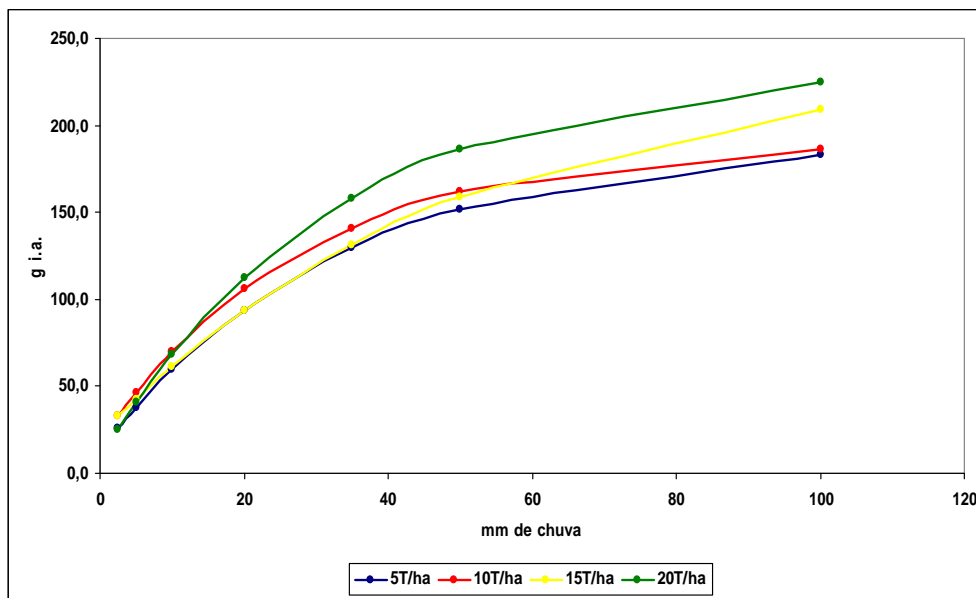


Figura 1. Interceptação do clomazone + hexazinone, no momento da aplicação, sobre as diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar (dados ajustados pelo modelo de Mitscherlich).

Os resultados obtidos para lixiviação dos ingredientes ativos do herbicida Ranger, ajustados pelo modelo de Mitscherlich podem ser visualizados na Tabela 1 e Figuras 2 e 3. Nota-se que a quantidade de clomazone lixiviada pelas lâminas aplicadas (Figura 2) variou conforme a quantidade de palha utilizada (5 a 20 t ha<sup>-1</sup>). Para 5 t ha<sup>-1</sup> de palha de cana-de-açúcar, a lâmina de 2,5 mm lixiviou apenas 3% (26 g.i.a.) do produto aplicado, resultados esse semelhantes aos observados para 10, 15 e 20 t de palha ha<sup>-1</sup>.

Em estudo realizado em casa de vegetação, Negrisoli et al. (2006) obtiveram controle excelente de *Brachiaria plantaginea*, *Brachiaria decumbens* e *Ipomoea grandifolia* com amicarbazone aplicado sobre 5 t ha<sup>-1</sup>, após simulação de chuva de 2,5 mm. O efeito das primeiras chuvas simuladas no processo de lixiviação para cada quantidade de palha de cana-de-açúcar é mais intenso em relação às lâminas aplicadas posteriormente. Isso ocorre devido à maior quantidade de herbicida disponível para lixiviação logo após a aplicação desse produto.

Neste estudo, mesmo as lâminas de maior intensidade demonstraram ser importante para definir a saída de grande parte do clomazone aplicado, lixiviando 20,8% (183,16 g ha<sup>-1</sup>), 21,2% (186,24 g ha<sup>-1</sup>), 23,8% (209,36 g ha<sup>-1</sup>) e 25,5% (224,54 g ha<sup>-1</sup>) da quantidade total aplicada para 5, 10, 15 e 20 t ha<sup>-1</sup> de palha de cana-de-açúcar, com precipitação acumulada de 100 mm.

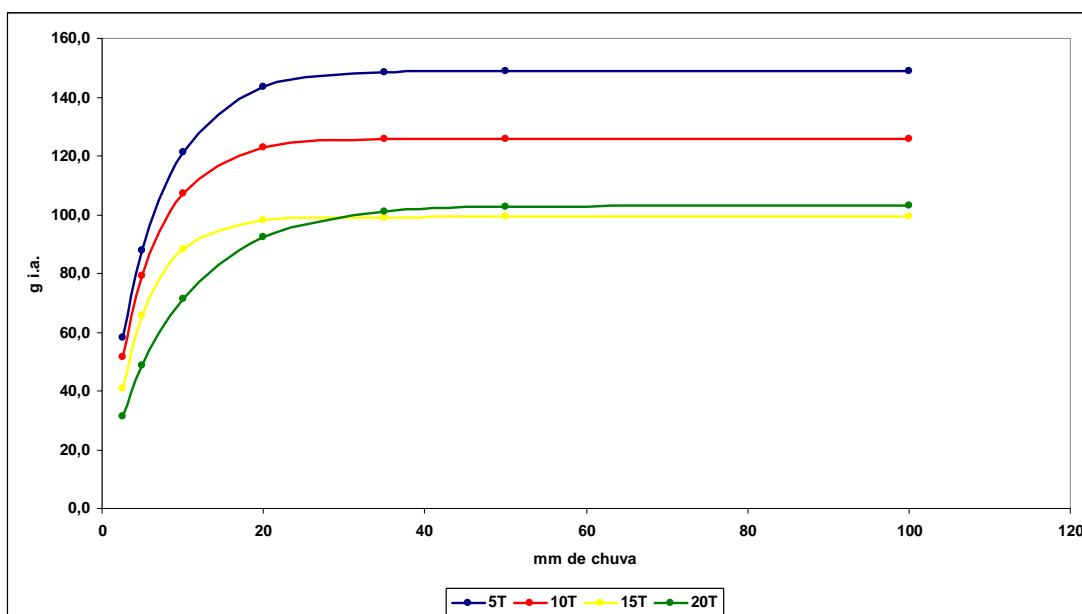


**Figura 2.** Dados ajustados pelo modelo de Mitscherlich para clomazone (g i.a.) lixiviado da palhada de cana-de-açúcar.

No entanto, para os resultados encontrados para hexazinone (Figura 3), os valores foram diferentes. Para uma quantidade de palha em torno de  $5 \text{ t ha}^{-1}$ , uma lâmina de 10 mm já é suficiente para retirada de 55% do produto aplicado. Tal resultado pode também ser observado com uma quantidade de palha de  $10 \text{ t ha}^{-1}$ . Maiores quantidade de palha tendem a reter uma maior quantidade de ingrediente ativo, tendo em vista que a partir de  $15 \text{ t ha}^{-1}$ , os resultados de lixiviação de hexazinone aplicado foi em torno de 45%, com lâminas de precipitação acumulada de 100 mm.

Em trabalho semelhante, Cavenaghi et al. (2002) observaram que 65% do total aplicado de diuron e 67% de sulfentrazone foram lixiviados de  $10 \text{ t ha}^{-1}$  de palha de cana-de-açúcar com a lâmina de 65 mm de chuva um dia após a aplicação.

Entretanto, conforme observado para hexazinone, em as quantidades comumente observadas a campo, a partir de  $10 \text{ t ha}^{-1}$ , precipitação a partir de 20 mm é suficiente para retirada do produto da palha e atingindo o solo, fazendo com que o resultado de controle de plantas daninhas seja eficaz.



**Figura 3.** Dados ajustados pelo modelo de Mitscherlich para hexazinone (g i.a.) lixiviado da palhada de cana-de-açúcar.

**Tabela 1.** Constantes estimadas das equações de regressão obtidas pela aplicação do modelo completo de Mitscherlich de clomazone e hexazinone lixiviados da palhada de cana-de-açúcar no momento da aplicação.

	Constantes do Modelo				Valor de F
	A	B	C	r <sup>2</sup>	
<i>clomazone</i>					
<b>5 T/ha</b>	192,115025	2,366592	0,013006	0,9756	218,61**
<b>10 T/ha</b>	191,367085	2,858174	0,015287	0,9864	461,73**
<b>15 T/ha</b>	239,037238	4,879990	0,008638	0,9678	158,60**
<b>20 T/ha</b>	234,907144	1,229150	0,013387	0,9953	1075,11**
<i>hexazinone</i>					
<b>5 T/ha</b>	149,003780	0,632070	0,068692	0,9913	2198,27**
<b>10 T/ha</b>	125,818550	0,364217	0,080153	0,9999	772,40**
<b>15 T/ha</b>	99,195262	-0,081926	0,095833	0,9999	658,68**
<b>20 T/ha</b>	102,908330	0,779977	0,047850	0,9856	869,38**

De acordo com os resultados ajustados pelo modelo de Mitscherlich para transposição dos ingredientes ativos pela palha em diferentes intervalos sem a ocorrência de chuvas após a pulverização (Tabela 2 e Figuras 4 e 5), pode-se observar que, de um

modo geral, as quantidades totais dos ingredientes ativos extraídos com precipitações acumuladas de 100 mm, foram dependentes do período de permanência dos ingredientes ativos na palha, sem chuva.

Observa-se que há significativa redução na quantidade de clomazone e hexazinone transpostos, a partir de 15 DAA, em relação aos períodos antecedentes. No período de 0 DAA de permanência dos produtos ocorreu uma maior transposição do hexazinone em relação aos demais períodos. A partir de 45 DAA, a taxa de recuperação do hexazinone foi de 36%.

No caso de clomazone, exceto aos 15 DAA, no qual ocorreu um incremento da quantidade transposta em relação ao período de 1 DAA, foi também observada redução da taxa de recuperação do produto aplicado, obtendo-se valores abaixo de 20% a partir de 30 DAA.

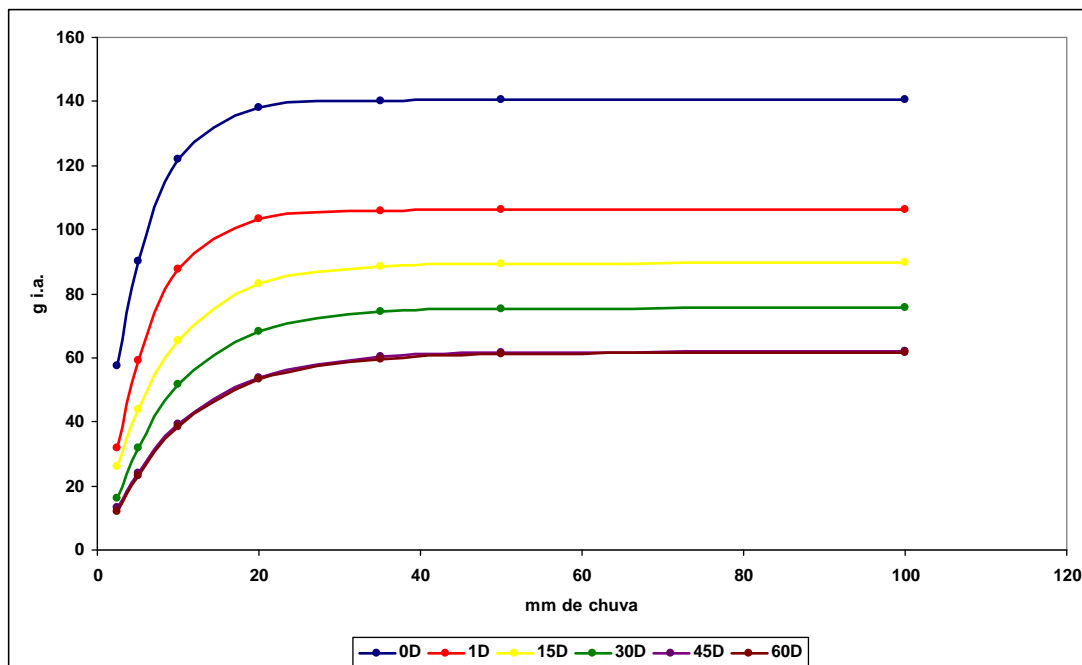
**Tabela 2.** Descrição estimativa das constantes das equações de regressão, obtidas pela aplicação do modelo completo de Mitscherlich do hexazinone e clomazone transpostos na simulação de chuva nos diferentes períodos de permanência na palha de cana-de-açúcar.

Períodos	Constantes do Modelo de Mitscherlich				Valor de F
	A	B	C	r <sup>2</sup>	
<b>Hexazinone</b>					
<b>0 DAA</b>	140,4441	0,150469	0,086342	0,9984	13678,01**
<b>1 DAA</b>	106,1212	-0,58556	0,080298	0,9975	5741,09**
<b>15 DAA</b>	89,55155	0,180076	0,05609	0,9895	1217,79**
<b>30 DAA</b>	75,4748	-0,51746	0,052838	0,9930	1401,10**
<b>45 DAA</b>	62,18668	-0,13031	0,043862	0,9940	1532,78**
<b>60 DAA</b>	61,41665	-0,41346	0,044726	0,9923	1138,22**
<b>Clomazone</b>					
<b>0 DAA</b>	448,8113	7,322401	0,011874	0,9696	250,65**
<b>1 DAA</b>	173,9469	0,223633	0,011547	0,9874	336,71**
<b>15 DAA</b>	231,1494	-0,91675	0,007858	0,9921	433,35**
<b>30 DAA</b>	176,0289	-0,33467	0,007445	0,9847	226,94**
<b>45 DAA</b>	142,2097	-0,76379	0,006558	0,9681	189,81**
<b>60 DAA</b>	111,7042	-3,72413	0,010705	0,9328	42,61**

\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. DAA = Dias após a aplicação.

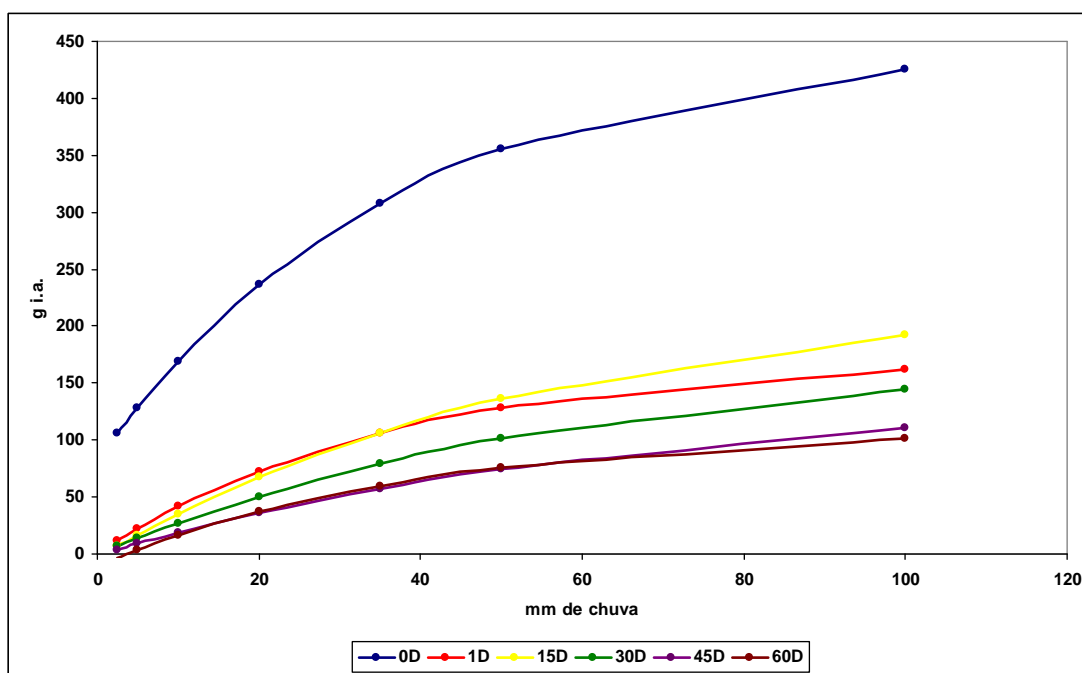


Ao se analisar os coeficientes de determinação obtidos pelas equações de regressão para o ingrediente ativo hexazinone, pode ser verificado um preciso ajuste dos dados pelo modelo utilizado, tendo em vista que para todos os tratamentos, o valor obtido foi próximo ou superior a 99%. No caso, de clomazone, os coeficientes de determinação variaram de 93 a 99%.



**Figura 4.** Dados ajustados pelo modelo de Mitscherlich para transposição de hexazinone sobre camada de  $10t\ ha^{-1}$  de palha de cana-de-açúcar.

Analisando-se a Figura 4, verifica-se que houve uma maior transposição do hexazinone ao 0 DAA de permanência do produto na camada de  $10\ t.ha^{-1}$  de palha de cana-de-açúcar, sem a ocorrência de chuvas, quando comparada aos demais tratamentos. Menores quantidades de produtos transpostos foram observadas nos tratamentos de 45 e 60DAA, sendo seus valores praticamente semelhantes.



**Figura 5.** Dados ajustados pelo modelo de Mitscherlich para transposição de clomazone sobre camada de  $10 \text{ t ha}^{-1}$  de palha de cana-de-açúcar.

Observa-se que, para clomazone (Figura 5), a maior transposição ocorreu ao 0 DAA de permanência do produto na palha de cana-de-açúcar, o qual apresentou uma transposição acentuada do produto em relação aos demais períodos avaliados. Entretanto, há a ocorrência de incremento na transposição do referido ingrediente ativo com permanência na palha de cana-de-açúcar aos 15DAA em relação a 1DAA, com similaridade ao final da simulação de chuva de 100 mm. Nos demais períodos, pode ser observada menor transposição do produto em relação ao período de permanência na palhada. Como foi observado para hexazinone, os períodos de 45 e 60DAA apresentaram valores similares ao final de 100mm de precipitação simulada.

Velini et al. (2002) verificaram, em um estudo com a aplicação de tebuthiuron sobre a mesma quantidade palha aqui estudada, que com 0 a 28 DAA de permanência e simulação de chuva de 2,5 a 65 mm, a redução da liberação do produto da palhada nos diferentes períodos de permanência também foi acentuada.

Rossi (2004), Tofoli (2004) e Corrêa (2006) ao analisarem, respectivamente, o comportamento de metribuzin, tebuthiuron e diuron + hexazinone, em relação aos diferentes períodos de permanência na palha, também encontraram valores de transposição superior aos 0 DAA, com eventual decréscimo no decorrer do ensaio, em situações semelhantes de valores de precipitação simulada e quantidade de cobertura de

palha de cana-de-açúcar. No entanto, Corrêa (2006) encontrou valores de incremento na transposição, aos 14 DAA, avaliando a transposição do diuron e hexazinone nos diferentes períodos sem a ocorrência de chuva após a aplicação do herbicida.

Conclui-se que quantidades de palhas de cana-de-açúcar próximas a 5 t ha<sup>-1</sup> já são capazes de interceptar praticamente toda a calda de pulverização do herbicida testado. A primeira chuva e os 20 mm de chuva iniciais são fundamentais para lixiviação principalmente do hexazinone da palha para o solo e a lixiviação do produto da palha é reduzida com o aumento do intervalo entre a aplicação e a primeira chuva.

## **AGRADECIMENTOS**

À DuPont do Brasil pelo suporte técnico e financeiro para execução deste trabalho.

## **LITERATURA CITADA**

ROSSI, C.V.S. **Dinâmica e eficácia no controle de plantas daninhas pelo herbicida metribuzin aplicado sobre palha de cana-de-açúcar**. 2004, 95p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

TOFOLI, G.R. **Deposição e lixiviação do herbicida tebuthiuron em palha de cana-de-açúcar**. 2004, 55p. Tese (Doutorado em Agronomia/ Proteção de Plantas). Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

CORRÊA, M.R. **Dinâmica e eficácia da mistura formulada de diuron e hexazinone no sistema de produção de cana crua**. 2006, 150p. Tese (Doutorado em Agronomia / Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas. Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

VELINI, E. D.; NEGRISOLI, E. Controle de plantas daninhas em cana crua. In: XXII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 2000, Foz do Iguaçu. **Palestra...** Foz do Iguaçu: SBCPD, 22, 2000. p.148-164.

SORENSEN, B. A.; SHEA, P. J.; ROETH, F.W. Effects of tillage, application time and rate on metribuzin dissipation. **Weed Res.**, v. 31, p. 333-345, 1991.

CAVENAGHI, A. L. et al. Dinâmica de herbicidas em palhada de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 8., 2002, Recife-PE. **Anais...** Piracicaba: STAB, 2002. p.170-174.

NEGRISOLI, E. et al. Controle de planta daninha pelo amicarbazone aplicado na presença de palha da cana-deaçúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25., 2006, Brasília-DF. **Resumos...** Brasília: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2006. CD-ROM.