

ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres

RDT – Recurso de Desenvolvimento Tecnológico

RELATÓRIO FINAL

**UTILIZAÇÃO DE FITORREGULADORES NO CONTROLE DE CRESCIMENTO
VEGETAL EM ÁREAS MARGINAIS DE RODOVIAS CONCESSIONADAS**

Arteris Regis Bittencourt

20/01/2021

SUMÁRIO

REVISÃO DA LITERATURA	03
1. DESCRIÇÃO DO PROJETO	08
1.1. Título	08
1.2. Resumo	08
1.3. Palavras-chave	09
1.4. Justificativa	09
1.5. Objetivos	09
1.6. Organização do trabalho	10
1.7. Período de execução	13
1.8. Cronograma de execução	13
1.9. Local de execução	13
1.10. Equipe executora	14
2. MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADAS	15
3. ETAPAS	17
Etapa 01 - Planejamento: Reunião de abertura e definição das áreas experimentais	17
Etapa 02 – Implantação das áreas amostrais e avaliações dos resultados	19
02.1. Características químicas dos solos	19
02.2. Tratamentos experimentais	38
02.3. Avaliação da Artropodofauna	51
02.4. Atividade heterotrófica global do solo.	65
2.5. Avaliação dos resíduos dos fitoreguladores no solo	72
2.6. Experimentos em condições de vaso	78
4. CONCLUSÕES, CONSIDERAÇÕES E PRODUTOS GERADOS	90
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92
6. ANEXOS	96

REVISÃO DA LITERATURA

O manejo do gramado ao longo das estradas requer despesas de milhões de reais, muitos dos quais são gastos com roçada da forragem vegetal das áreas verdes. Alguns tipos de gramíneas requerem cortes de rotina porque os dosséis podem impedir a visão do motorista. A roçada das gramíneas na beira da rodovia é onerosa porque necessita de equipamentos especializados, combustível e mão de obra treinada. Além disso, também envolve grandes riscos aos usuários das rodovias e aos operadores dos equipamentos de roçagem.

No sentido amplo, o manejo do gramados é entendido como a capacidade de controlar diferentes fluxos de crescimento das plantas para melhorar ou, pelo menos, não influenciar a qualidade visual da forração (Watschke & Dipaola, 1995). Pesquisas recentes indicam que o manejo da forração com gramíneas deve associar cortes mecânicos com a aplicação de reguladores de crescimento. Esta combinação permite uma gestão mais adequada do gramado sob diversas condições de temperatura e umidade.

O uso de produtos químicos que agem sobre a fisiologia de gramíneas tem sido bastante pesquisado, visando proporcionar redução da velocidade de crescimento e retardar o florescimento em algumas espécies. O principal objetivo destas alterações fisiológicas é facilitar, reduzir o custo, manter a saúde das plantas e melhorar as operações de manutenção de gramados sem alterar a qualidade da forração.

Este tipo de procedimento tem sido pesquisado e utilizado em vários locais que utilizam forrações com gramíneas, como parques, jardins, campos de golfe, áreas laterais e canteiros centrais de rodovias, dentre outros. Este tipo de pesquisa começou há muitos anos nos EUA e eram testadas subdoses de herbicidas e fitoreguladores (McElroy et al., 1984; Kaufmann, 1986; Sandbrink et al., 1983; Stehling et al., 1983; Fagerness & Penner, 1998; Qian & Engelke, 1999, Qian et al., 1998; Johnson, 1994 e Goatley et al., 1998).

Com o tempo de pesquisa e desenvolvimento alguns produtos foram sendo selecionados em função de suas eficácias e seguranças para integridade da forração vegetal. Dentre estes produtos, estão sendo intensamente pesquisados e utilizados o trinexapac-etil, o glifosato e o grupo das imidazolinonas, incluindo o imazapir, imazapic e o imazethapyr. Neste último grupo, embora os modos de ação sejam similares, no Brasil, apenas o imazapir tem registro para áreas não agrícolas.

Os reguladores de crescimento utilizados em gramíneas podem ser agrupados em três classes distintas de acordo com a sua principal forma de ação nos mecanismos fisiológicos das plantas. Somando-se a estas três classes de fitohormônios, alguns herbicidas também podem ser utilizados como reguladores de crescimento (Davies & Curry, 1991).

Velini (2003), apresenta as várias classes em que são separados os reguladores de crescimento de gramíneas: *(i)* Reguladores do Tipo I: são compostos que inibem a mitose e, portanto, a divisão celular (amidochlor, mefluidide e hidrazida maleica) *(ii)* Reguladores do Tipo II: são os compostos que atuam inibindo a biossíntese de giberelinas e interrompendo a elongação celular. As gramíneas continuam a emitir folhas, perfilhos e inflorescências, porém ficam menores do que as plantas não tratadas

(flurprimidol, paclobutrazol, trinexapaque-etílico e uniconazole). (iii)- Reguladores do Tipo III: são compostos que tem a função de inibir o desenvolvimento de estruturas reprodutivas e, portanto, a emissão de hastes florais e (iv) Reguladores do Tipo IV: herbicidas que quando aplicados em subdoses e na época correta são capazes de interferir indiretamente em determinados mecanismos fisiológicos das plantas sem, contudo, causar injúrias visíveis (imazaquin, imazapir, imazethapyr, glifosato e metsulfuron-methyl)

No Brasil, os reguladores do crescimento não são utilizados comercialmente em gramados. Para serem utilizados, os reguladores de crescimento precisam ter registro não agrícola (NA), processo já em andamento para algumas moléculas, como o trinexapaque-etílico. O que acontece com o imazapyr e o glifosato é que estas moléculas têm registro como herbicidas, mas têm sido utilizadas em subdoses, produzindo efeitos de regulação de crescimento, especialmente de gramíneas e se encaixam na classe de Reguladores do Tipo IV, citado por Velini (2003). A seguir serão descritos os produtos que são registrados ou estão em fase de registro para áreas não agrícolas no Brasil e que foram utilizados neste projeto de pesquisa.

Trinexapaque-etílico: O trinexapaque-etílico é um dos hormônios de crescimento vegetal usados para a redução da altura das plantas e para o fortalecimento dos entrenós em gramíneas (Witkowitz, 2010, Estevo, 2013). Este fitoregulador pertencente ao grupo químico das ciclo-hexanodionas e sua ação está diretamente relacionada com a inibição da biossíntese de giberelinas (Adams et al., 1991, Fagerness & Penner, 1998, Velini, 2003). O trinexapaque-etílico é absorvido e translocado até os pontos de crescimento da planta, influenciando, principalmente a alongação dos internódios em gramíneas. Esse regulador de crescimento reduz o nível de giberelinas ativas, principalmente GA1 (ácido giberélico) por meio da redução da atividade da enzima GA20-3 β -hidroxilase (Rodrigues et al, 2001).

O trinexapaque-etílico pode ser usado para melhorar a densidade, a coloração e o desempenho de gramados utilizados em áreas esportivas (campos de futebol, golfe, beisebol, polo, tênis etc.), áreas residenciais (jardins) e áreas públicas (parques, praças, prédios públicos etc.). Além disso, também pode ser utilizado em áreas onde as operações de roçada oferecem riscos de acidentes, como locais com topografia acentuada e margens de rodovias com tráfego intenso de veículos (Dernoeden, 1984; Bush et al., 1998).

O trinexapaque-etílico pode promover a inibição do crescimento por um período de quatro a seis semanas após o tratamento, em várias espécies de grama (Johnson, 1992, 1993, 1994, 1997; Fagerness & Penner, 1998a,b; Freitas et al., 2002).

Em gramado de grama São Carlos (*Axonopus compressus*) tratado com trinexapaque-etílico, Bush & Porter (1998) observaram redução do crescimento vegetativo e da altura das inflorescências das plantas, evitando cortes no gramado pelo período de três e seis semanas. Freitas et al. (2002) verificaram que o trinexapaque-etílico, na dose de 0,75 kg ha⁻¹, reduziu o crescimento vegetativo, a altura e a biomassa seca da grama batatais (*Paspalum notatum*).

Aplicações mensais de 400 g/ha do ingrediente ativo de trinexapaque-etílico em um gramado misto de *Agrostis* spp., *Festuca* spp., e *Lolium* sp causou uma redução de 41% na massa fresca do gramado em um período de três anos (Daniels & Sudgen, 1996). Já a aplicação de 190 g do ingrediente ativo na grama *Agrostis palustris* provocou a redução da altura em 32%, aos 30 dias após o tratamento (Burpee et al., 1996).

Costa et al. (2009) verificaram que a aplicação sequencial de trinexapaque-etílico nas gramas São Carlos, Batatais, Santo Agostinho (*Stenotaphrum secundatum*) e Esmeralda (*Zoysia japonica*) pode reduzir a necessidade de cortes por um período de até 55 dias. O aumento na densidade de perfilhos em *Lolium perene* e *Poa pratensis* também foi observado em gramados após a aplicação de trinexapaque-etílico. (Ervin & Koski, 2001).

Um dos fatores ecológicos abióticos que mais influenciam o desenvolvimento dos gramados é a luz. Uma média estimada de 20 a 25% do gramado cresce em condições de baixa luminosidade e, nestas condições, apresentam maior crescimento em altura da parte vegetativa, em detrimento do crescimento do sistema radicular (Dudeck & Peacock, 1992). Estudos realizados por Qian & Engelke (1999) demonstraram que em gramado do gênero *Zoysia*, que apresenta crescimento relativamente lento, o crescimento em altura aumenta 220 e 360%. O trinexapaque-etílico aumentou a tolerância a sombra diminuindo o crescimento em altura causado pela redução de luminosidade. Os mesmos autores observaram que a aplicação de trinexapaque-etílico também melhora os desempenhos da fotossíntese e respiração das plantas da *Zoysia*.

Os trabalhos realizados por Green et al. (1990), Jiang & Fry (1998) e Lickfeldt et al. (2001) destacam que a utilização dos reguladores vegetais pode diminuir a demanda de água pela planta e auxiliar no desempenho de muitos fungicidas aplicados nos gramados.

Glifosato: O glifosato é um herbicida não seletivo de ação sistêmica pertencente ao grupo químico dos derivados da glicina. É absorvido via foliar e apresenta rápida translocação no interior da planta. Atua sobre a atividade enzimática responsável pela formação dos aminoácidos triptofano, tirosina e fenilalanina e outros produtos endógenos. Também inibe a fotossíntese, a síntese de ácidos nucleicos e estimula a produção de etileno (Velini 2003, Rodrigues & Almeida, 2018).

O local específico de ação do glifosato é uma enzima da via do ácido shikimico formalmente conhecida como 5-enolpyruvyl shikimato fosfato sintase (EPSP sintase) (Velini, 2003). A dramática inibição desta enzima resulta no decréscimo do nível de aminoácidos aromáticos e uma lenta paralisação do crescimento até a morte da planta. Quando aplicado a baixas doses, este produto possibilita uma redução balanceada da EPSP sintase até o nível de paralisar o crescimento da planta sem causar morte da mesma, atuando assim como um regulador de crescimento em gramados (Arteca, 1995). Baixas doses de glifosato também podem ser utilizadas como regulador de crescimento para arroz (Gitti et al., 2011) e cana-de-açúcar (Leite & Crusciol, 2008).

Dinalli et al. (2015) e Gazola et al. (2016) avaliaram o efeito de herbicidas como reguladores de crescimento para grama esmeralda (*Zoysia japonica*) e encontraram sintomas de leves de

fitointoxicação (<10%) com a aplicação de 200 g.ha⁻¹ do ingrediente ativo de glifosato; as plantas apresentaram leve amarelecimento, mas se recuperaram sem comprometer sua qualidade estética.

Dias et al. (2019) observaram que a dose de glifosato de até 22,5 g.ha⁻¹ do ingrediente ativo em grama batatais e até 90 g.ha⁻¹ em grama São Carlos não causou efeitos fitotóxicos nas plantas. A altura da planta de ambas as espécies diminuiu na medida em que as doses de glifosato aumentaram. Esses autores também notaram que as doses de glifosato maiores que 45 g do ia.ha⁻¹ em grama batatais e 180 g.ha⁻¹ em grama São Carlos suprimiram o crescimento da planta. Esses resultados inferem a viabilidade da aplicação de baixas doses de herbicida glifosato como regulador de crescimento para grama batatais e São Carlos sem efeitos deletérios.

Gazola et al (2019) corroborou essa viabilidade mostrando que o glifosato na dose de 400 g ha⁻¹ de ingrediente ativo. foi eficiente em reduzir o crescimento da grama esmeralda e não prejudicou sua coloração.

É importante ressaltar que os efeitos dos herbicidas como reguladores de crescimento dependem das espécies vegetais, dose do herbicida, ocasião de aplicação, número de aplicações e condições ambientais no momento da aplicação.

Imazapir: O imazapir pertence ao grupo químico das imidazolinonas, possui ação pouco seletiva e é inibidor da síntese do ácido acetohidróxido (AHAS) ou acetolactato, uma enzima comum no processo de biossíntese de três aminoácidos alifáticos de cadeia ramificada: valina, leucina e isoleucina. Esta inibição interrompe a síntese proteica que, por sua vez, interfere na síntese do DNA e no crescimento celular. (Velini 2003, Rodrigues & Almeida, 2018). Os herbicidas integrantes do grupo das imidazolinonas são o imazapir, imazapic, imazethapyr, imazamox, imazamethabenz e imazaquin, que contêm em suas moléculas uma estrutura em comum, o imidazol, separando-se em três subgrupos com base em uma segunda estrutura cíclica

Nos EUA os herbicidas do grupo das imidazolininas mais utilizados como reguladores de crescimento são o imazapic e o imazethapyr. No Brasil, aparentemente por problemas de mercado, apenas o imazapir é registrado para áreas não agrícolas e, portanto, para utilização como fitoreguladores em forrações de rodovias. O imazapir é um produto facilmente absorvido pelas raízes e folhas e rapidamente translocado no interior da planta via xilema e floema até os pontos de crescimento, onde se acumulam (Arteca, 1991).

Dinalli et al (2015) mostraram que a aplicação de imazethapyr causou redução de 16,7% no comprimento das folhas de grama esmeralda. As aplicações de imazaquin e imazethapyr não causaram efeitos em comparação com a testemunha em diversas avaliações.

Os autores Maciel et al. (2006) observaram que a altura da grama batatais foi de 5,54; 5,53 e 5,56 cm aos 28 dias após a aplicação de imazethapyr nas doses de 25, 75 e 125 g ha⁻¹, respectivamente; e esses valores diferiam do valor registrado para a testemunha no mesmo período, que era de 6,64 cm. Em outro trabalho foi verificado que imazaquin, reduziu o crescimento de grama batatais em 40% em

relação ao controle aos 28 dias após a aplicação (Goatley Junior et al.,1996). A aplicação do herbicida imazethapyr em subdose reduziu em duas roçadas em relação às parcelas em que foram aplicados os demais reguladores de crescimento estudados.

Embora não exista muita literatura publicada sobre o uso do imazapir como regulador de crescimento alguns autores observaram que seu uso em doses mais baixas pode diminuir o crescimento das gramas.

1. DESCRIÇÃO DO PROJETO

1.1. Título:

Utilização de fitoreguladores no controle de crescimento vegetal em áreas marginais de rodovias concessionadas

1.2. Resumo:

O presente trabalho de pesquisa e desenvolvimento foi conduzido para a avaliação da viabilidade do uso de fitoreguladores no controle de crescimento das diversas gramíneas mais observadas em forração das áreas verdes que margeiam as rodovias no Brasil. Esta avaliação não se restringe apenas à eficácia dos produtos utilizados na fitoregulação do crescimento das gramíneas, mas no monitoramento e avaliação de variáveis pertinentes à indicadores ecológicos deste método de controle, proporcionando conforto aos órgãos ambientais e reguladores, bem como, as demais autarquias públicas nas esferas federal, estadual e municipal para autorização do uso destes produtos no manejo de gramados. As áreas foram localizadas na Rodovia Fernão Dias, Km 866, pista sul, e na Rodovia Régis Bittencourt Km 456, pista Sul e Km 466, pista norte. Na área de Rodovia Fernão Dias, a predominância foi da gramínea *Urochloa decumbens* (braquiária decumbens), na Rodovia Régis Bittencourt Km 456 a predominância foi de *Urochloa subquadriflora* (braquiária arrecta) e no Km 466 há uma mescla de capim-braquiária e *Eragrostis plana* (capim-anoni). Nas três áreas experimentais, a aplicação dos fitoreguladores foi realizada com pulverizador de precisão pressurizado a CO₂, com consumo de calda de 400 L.ha⁻¹ e pressão de 25 p.s.i. Os fitoreguladores testados foram o trinexapaque-etílico (formulação comercial Trix NA®), imazapir (formulação comercial Arsenal NA®) e glifosato (formulação comercial Glifosato Nortox 480 NA). Para todas as áreas experimentais, os indicadores ecológicos de atividade heterotrófica global do solo e artropodofauna não indicaram qualquer alteração que pudesse ser relacionada aos tratamentos com os fitoreguladores e as concentrações residuais destes produtos no solo foram muito baixas e não representam qualquer risco ambiental, usando indicadores ecológicos da fauna do solo (*Eisenia fetida* – minhoca e *Folsomia candida* – Colêmbola). Para a área de Rodovia Fernão Dias, na fase inicial de crescimento todos os produtos e doses testadas mostraram efeitos iniciais de redução do crescimento na braquiária decumbens, mas apenas as duas doses de imazapir apresentaram resultados que permitem reduzir expressivamente o número de roçadas por estação de crescimento. Na área de Rodovia Régis Bittencourt Km 456 houve predominância de braquiária arrecta e os tratamentos não mostraram efeitos significativos na redução do crescimento. Na área da Rodovia Régis Bittencourt Km 466, a invasão de capim-anoni praticamente inviabilizou as avaliações de crescimento, por ser uma gramínea de baixo porte e bastante sensível ao imazapir, morrendo nas duas doses aplicadas. A braquiária arrecta nas condições de aplicação não apresentou respostas de crescimento aos fitoreguladores apenas mostrando sintomas de fitotoxicidade com amarelecimento da folhagem e pequenas necroses localizadas. O resultado deste projeto de pesquisa mostra a grande viabilidade da utilização de fitoreguladores nas áreas verdes laterais das rodovias devido à eficácia no processo de redução da velocidade do crescimento das gramíneas pós-roçada e segurança ambiental, conforme observado nos experimentos da Fernão Dias e ensaios realizados na estação experimental. Os estudos de campo e em vasos comprovaram que a opção mais eficiente é aplicação do imazapir na

dose de 700 mL.ha⁻¹, antes do corte da gramínea. O trinexapaque-etílico nas doses em que foi testado apresentou redução do crescimento inicial da braquiária decumbens, mas teve resiliência menor que o imazapyr.

1.3. Palavras-chave

Manejo de vegetação, fitoreguladores, *Urochloa decumbens*, imazapir, trinexapaque-etílico, glifosato, rodovias, gramíneas, forração verde, meio ambiente.

1.4. Justificativa

Em rodovias, a vegetação espontânea e indesejada causa uma série de interferências negativas que trazem prejuízos financeiros, estéticos e paisagísticos ao empreendimento em si e elevam o risco a segurança dos operadores e usuários. Por isso, o manejo da vegetação em rodovias tem constituído uma grande preocupação das concessionárias e das agências reguladoras do setor.

Quanto às interferências da vegetação são duas as abordagens principais: (i) a vegetação espontânea, indesejada pelos problemas que traz e, por isso, consideradas plantas daninhas, termo que será utilizado neste texto para se referir a esse tipo de vegetação e (ii) a vegetação de forração, desejada pelos benefícios que proporciona ao meio ambiente, ao controle das plantas daninhas por competição, ao aspecto visual da estrada, ao controle de erosão laminar e estabilização de taludes. Ambos os tipos de vegetação, as plantas daninhas e as forrações devem ser alvos de manejo: as plantas daninhas para evitar suas interferências negativas e a forração para maximizar seus benefícios. No Brasil, as forrações basicamente são constituídas de gramíneas estoloníferas de hábito rasteiro, que proporcionam elevada proteção no solo.

Para a vegetação de forração, são grandes as preocupações no manejo de sua altura, que é regulamentada pelas autarquias vinculadas ao Ministério da Infraestrutura, na manutenção de sua integridade nas áreas verdes cobrindo o solo de forma eficiente e na prevenção de sua degradação pelas invasões biológicas.

1.5. Objetivos

Objetivo geral

O objetivo geral da presente pesquisa foi a demonstrar a viabilidade de utilização de fitoreguladores para o controle de crescimento vegetal em forrações laterais de rodovias, com vistas a obtenção de ganhos de ordem financeira, de segurança operacional, estéticos, paisagísticos e ambientais.

Objetivos específicos

São objetivos específicos desta pesquisa:

Financeiros (Redução de Custos)

- Aumento da resiliência do controle de plantas daninhas na faixa de domínio;
- Redução da velocidade da rebrota e crescimento de gramíneas após operações de ceifa;
- Controle de plantas não gramíneas e gramíneas indesejadas.

Segurança Operacional

- Menor exposição dos trabalhadores a acidentes pela diminuição da recorrência dos serviços de roçada;
- Redução do risco de incêndio;
- Operação em áreas mais íngremes com menores riscos de acidentes;
- Redução de riscos de projeção de objetos pela roçadeira com risco de atingir veículos e pessoas.

Estético e Paisagístico

- Gramados verdes por períodos mais longos;
- Ausência de ceifadoras nas laterais das rodovias.

Ambiental

- Utilização de produtos ambientalmente seguros com comprovação por análises laboratoriais;
- Redução da ação de ceifadoras sobre pequenos animais;
- Aumento da estabilidade do solo pelo incremento do sistema radicular em detrimento a redução da parte aérea da planta.

Em suma, o presente projeto de pesquisa e desenvolvimento foi estabelecido e conduzido com o objetivo de avaliar a eficácia de produtos químicos com registro não agrícola para a regulação do crescimento de forrações vegetais de áreas verdes de rodovias e suas seguranças ambientais por meio de indicadores ecológicos adequados para estas áreas. O projeto original contemplava também o controle de plantas daninhas que emergissem espontaneamente nas parcelas, mas nas três áreas experimentais não houve qualquer infestação que justificasse essa medida.

1.6. Organização do trabalho

Métodos e técnicas utilizados

- Foram escolhidas áreas experimentais em dois estados: no estado de Minas Gerais foi escolhida uma área no município de Pouso Alegre no quilômetro 866, pista sul. No estado de São Paulo foram escolhidas duas áreas: uma no município de Registro no quilômetro 456 sentido sul e outra no município de Jacupiranga quilômetro 466, sentido norte.
- Apenas foram utilizados produtos registrados e aprovados pelos órgãos reguladores nacionais para áreas não agrícolas, mais especificamente, imazapir, glifosato e trinexapaque-etílico.

- Foram tomadas amostras de solo nas três áreas experimentais para avaliação das características químicas. As amostras foram tomadas em duas profundidades (0-20 cm e 0-40 cm). Esta coleta foi realizada antes da implantação dos tratamentos e foi observado que a camada de 20-40 cm era bastante descaracterizada como solo. Nas áreas de corte das rodovias esta segunda camada era formada de rocha e nas áreas com acúmulo de material remanejado na construção da rodovia havia grande quantidade de sedimentos como pedaços de rochas e acúmulos de pedras. Para a coleta das amostras mais profundas (20-40 cm) foi utilizado um perfurador de solo. Este equipamento, eventualmente, ocasiona a contaminação da camada mais profunda do solo em decorrência do transporte do material proveniente da camada superficial, contudo, a utilização foi inevitável já que as características do solo não permitiam a perfuração manual. No caso da caracterização das propriedades químicas do solo, esta pequena contaminação não é relevante, em função da natureza do trabalho.
- Foram realizadas avaliações de indicadores ambientais relevantes;
- Foram determinadas as concentrações residuais dos herbicidas na profundidade de 0-20 cm do perfil do solo. Não foram realizadas avaliações em maiores profundidades do solo, conforme plano original, em função do fato de que se tratava de áreas com cortes e perfil do solo raso (proximidade da rocha) ou acúmulo de material remanejado durante o trabalho do solo para construção da rodovia. Assim, não havia uma estruturação regular formada na pedogênese e houve grande dificuldade para coletas seguras em diferentes profundidades com grande risco de contaminação e qualquer resíduo proveniente da camada superficial poderia dar a falsa ideia de que ocorreu lixiviação do produto aplicado.
- Foi avaliada a atividade heterotrófica global do solo nas parcelas experimentais;
- Foi feita a avaliação da artropodofauna de superfície do solo nas parcelas experimentais;
- Não houve intersecção com corpos hídricos em nenhuma área selecionada.
- Os pulverizadores foram comprados pelos próprios pesquisadores, pois já haviam sido encomendados junto a empresa fornecedora. Não houve necessidade da aquisição das roçadeiras em função de que estes serviços foram realizados pelas empresas prestadoras de serviço nas respectivas rodovias.

Etapas

O trabalho apresentou quatro etapas divididas da seguinte maneira:

1. **Planejamento:** Reunião de abertura de projeto e definição das áreas experimentais;
2. **Implantação:** Implantação das áreas amostrais e avaliação periódica dos resultados obtidos;
3. **Análise e Compilação dos Resultados:** Análise crítica dos resultados obtidos e elaboração dos relatórios conclusivos.

4. **Entrega dos Resultados:** Protocolo dos resultados na agência reguladora e posterior encaminhamento para os órgãos ambientais com pedido de autorização para uso dos fitoreguladores de crescimento vegetal.

Etapa 1 . Planejamento: Reunião de Abertura e Definição das Áreas Experimentais

O trabalho iniciou-se com revisão bibliográfica elaborada de maneira a dar suporte e ênfase acadêmico-científica para esta pesquisa. A reunião de planejamento teve a finalidade de consolidar o cronograma de trabalho e detalhá-lo para fins de início e condução dos trabalhos científicos. A definição das áreas onde foram instalados os experimentos foram seguidas das avaliações preliminares e iniciais e da aquisição dos equipamentos e ferramentas para condução dos trabalhos que ocorreram nos próximos meses.

Etapa 2 – Implantação e Condução das Áreas Experimentais e Avaliação dos Resultados

A implantação, condução e avaliação dos experimentos iniciou no quarto e perdurou até o vigésimo mês de projeto e as atividades foram paralisadas entre abril e junho de 2020 em função das restrições da COVID-19. Foram realizadas as avaliações preliminares e iniciais de controle e das variáveis ambientais, sendo sucedidas pelas avaliações dos resultados, mensalmente entre o sexto e o décimo quinto mês de projeto. É importante salientar que não foram contabilizados os meses sem atividades devido ao distanciamento sanitário para prevenção na pandemia da COVID 19. Estas atividades englobaram as avaliações do crescimento em altura das plantas, atividade heterotrófica global do solo, comunidade de artrópodes de superfície e as concentrações residuais dos fitoreguladores no solo.

Etapa 3 – Análise e Compilação dos Resultados

A coleta, compilação e análise e dos resultados executadas pelos pesquisadores ocorreu periodicamente ao longo do projeto. Relatórios parciais foram apresentados demonstrando os resultados periódicos obtidos em cada etapa. No décimo sétimo mês foi apresentado um plano de manejo da vegetação em rodovias concessionadas pela Arteris e no vigésimo quarto mês de projeto está sendo emitido um relatório final com os resultados conclusivos dos experimentos conduzidos durante o projeto. O Plano de Manejo de Integrado da Vegetação consistiu em uma análise e sugestões para a combinação inteligente das ferramentas de controle disponíveis para as forrações e plantas daninhas nas diferentes áreas marginais as rodovias (canteiros centrais e áreas verdes marginais, áreas cinzas e aceiros), sugerindo as combinações das modalidades para cada ambiente-alvo, desde que fossem economicamente viáveis e ambientalmente sustentáveis. A elaboração deste plano foi baseada em informações da literatura, dos resultados obtidos neste projeto e da experiência dos consultores na área de manejo de vegetação.

Etapa 4 – Entrega dos Resultados

A etapa final dos trabalhos constitui-se no protocolo, apresentação e acompanhamento, junto aos órgãos competentes do poder público, do relatório conclusivo do projeto contendo uma análise

crítica dos resultados deste projeto que resulte em parecer favorável a utilização dos fitoreguladores no manejo das margens das rodovias.

1.7. Período de execução

O período de execução do presente projeto de pesquisa e desenvolvimento foi de 01 de julho de 2019 e 20 de dezembro de 2020. Inicialmente o propósito de duração do projeto em 18 meses, mas em função da paralisação das atividades de viagens e trabalhos externos para a prevenção de disseminação do Coronavírus, agente causal da pandemia de COVID 19. A paralisação das atividades de campo ocorreu desde a segunda quinzena de março até 01 de julho de 2020.

1.8. Cronograma de execução

O cronograma de execução do presente projeto está apresentado na Tabela 01.

Tabela 01 – Cronograma de atividades no desenvolvimento do projeto “Utilização de fitoreguladores no controle de crescimento vegetal em áreas marginais de rodovias concessionadas”. As colunas de cor púrpura abrangem o período em que as atividades foram paralisadas em função da COVID-19.

Item	Atividade	Ano 01												Ano 02											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Revisão bibliográfica						X							X	X	X									
2	Reunião Inicial Planejamento das Ações						X													X				X	
3	Seleção das Áreas Experimentais						X	X																	
4	Avaliações Preliminares e Iniciais						X	X																	
5	Aplicação dos Tratamentos						X	X																	
6	Avaliações de Crescimento e Infestações						X		X		X		X		X		X				X				
7	Avaliações Ambientais e de Resíduos						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X			X			
8	Reuniões da Equipe Mista						X				X			X					X						
9	Relatórios Parciais e Final							X							X									X	
10	Capacitação Técnica de Pessoal com Transferência de Tecnologia													X										X	

1.9 Local de execução

As áreas experimentais foram instaladas e conduzidas em locais descritos a seguir:

Área experimental 1 – Rodovia Fernão Dias Km 866 pista sul, localizada no município de Pouso Alegre, Estado de Minas Gerais.

Área experimental 2 – Rodovia Régis Bittencourt Km 456 sentido sul, localizada no município de Registro, Estado de São Paulo.

Área experimental 3 - Rodovia Régis Bittencourt Km 466 sentido norte, localizada no município de Jacupiranga, Estado de São Paulo.

Área experimental 4 – Via de acesso Pedro Furlan, km 01, localizada no município de Taiúva, Estado de São Paulo.

As análises laboratoriais foram realizadas nos locais descritos a seguir:

Análises de solo – realizadas pelo laboratório DMLab localizado na cidade de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo.

Artropodofauna - identificada no Departamento de Entomologia da ESALQ na cidade de Piracicaba, Estado de São Paulo.

Atividade heterotrófica global do solo - realizada no laboratório da Ecosafe Agricultura e Meio Ambiente no município de Jaboticabal, Estado de São Paulo.

Resíduos de fitoreguladores - realizadas no Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia (NUPAM) no município de Botucatu, Estado de São Paulo.

1.10. Equipe executora

A pesquisa foi conduzida em parceria firmada em contrato com a Fundação de Apoio à Pesquisa, Ensino e Extensão (FUNEP), localizada no campus da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP) no município de Jaboticabal e foi coordenada pelo Professor Dr. Robinson Antonio Pitelli, professor titular aposentado por esta mesma instituição de ensino superior.

A execução da pesquisa envolveu a seguinte equipe apresentada na tabela a seguir:

Nome	Titulação	Função no projeto / Áreas de atuação específica
Robinson A. Pitelli	Eng. Agrônomo	Coordenador Científico (Consultor)
Solange G. Carneiro	Eng. Civil	Coordenador Geral (Arteris)
Augusto A. Bronhara	Eng. Agrônomo	Consultor Especialista
Angélica Merenda	Eng. Agrônomo	Consultor Especialista
Sailon Noernberg	Eng. Florestal	Coordenador de Projeto (Arteris)
Marcello Guerreiro	Eng. Florestal	Coordenador de Projeto (Arteris)
Andrea A. X. Andrade	Eng. Florestal	Coordenador de Projeto (Arteris)
Dyego S. Bracht	Eng. Florestal	Coordenador de Projeto (Arteris)
Fabiane V. Reis	Eng. Florestal	Coordenador de Projeto (Arteris)

2. MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADAS

A instalação das áreas experimentais ocorreu em diferentes ambientes das rodovias concessionadas à Arteris nos Estados de Minas Gerais e São Paulo. As áreas foram divididas em parcelas para abrigar os tratamentos experimentais. A instalação das áreas experimentais em diferentes regiões, justificou-se pelas diferenças observadas na forração vegetal e nas características dos solos, que impactaram os resultados obtidos como poderá ser observado na leitura do presente relatório.

Como critério apenas foram utilizados produtos com registro oficial para uso em área não agrícolas e que constassem em seus rótulos o uso indicado para rodovias. Nas condições deste projeto de pesquisa foram utilizados os produtos imazapir, Glifosato e trinexapaque-etílico, este último com registro especial temporário junto ao IBAMA.

No planejamento inicial de projeto estava programada a utilização de combinações dos fitoreguladores com herbicidas latifolicidas para o controle de plantas que infestariam as coberturas vegetais, competindo pelos recursos de crescimento ou prejudicando o aspecto visual da forração. Nestas áreas experimentais, não houve incidência das plantas daninhas em níveis de ocorrência e crescimentos que justificassem as aplicações dos herbicidas.

Foram realizadas as avaliações sistemáticas dos indicadores ambientais relevantes, a saber: atividade heterotrófica global do solo, artropodofauna de superfície do solo e características físicas e químicas dos solos. Esta última apenas foi realizada na fase de instalação dos ensaios, porque em condições naturais as alterações apenas ocorrem em longos períodos.

As avaliações das concentrações residuais dos fitoreguladores foram realizadas no período pré-pandemia e ocorreram apenas na camada superficial do substrato, 0-20 cm do perfil, devido ao fato de que grande parte das áreas marginais de rodovias são de solo trabalhado com cortes do perfil ou acúmulo de material trazido de outros horizontes do solo com pedras e restos de rochas. Assim, houve grande dificuldade nestas coletas de amostras. Na coleta para as análises iniciais de características químicas do solo, foi necessária a utilização de perfurador mecânico. (Observar Figura 03 apresentada adiante). Na área da Fernão Dias havia uma camada de impedimento (provavelmente rocha sedimentar) abaixo deste horizonte superficial que impossibilitava a coleta e tornava pouco provável qualquer lixiviação dos fitoreguladores para estas camadas. Este mesmo fato ocorreu na área de Jacupiranga da Rodovia Régis Bittencourt Km 466. Assim, optou-se pela comparação entre as camadas aráveis (termo agrícola que indica 0-20 cm superficiais) destes solos.

As áreas experimentais eram fragmentos que não tinham área a jusante que justificassem avaliações do carreamento dos fitoreguladores, e as avaliações se concentraram apenas onde os produtos foram aplicados in loco.

As avaliações das atividades heterotróficas globais do solo foram realizadas antes e em quatro épocas após a aplicação dos tratamentos.

As avaliações da artropodofauna de superfície do solo foram realizadas em cinco amostragens sendo uma antes da aplicação dos tratamentos e quatro no período posterior.

Em nenhuma das áreas experimentais havia corpos hídricos em cotas mais baixas que justificassem a coleta e análise da comunidade perifítica.

3. ETAPAS

Etapa 01 - Planejamento: Reunião de abertura e definição das áreas experimentais

A reunião da equipe técnica do projeto foi realizada no dia 05 de julho de 2019, na sede da Arteris, situada na Avenida Juscelino Kubistchek, 1455, São Paulo, SP. Nesta reunião participaram Robinson A. Pitelli e Angélica M. C. M. P. Merenda, (FUNEP), Dyego S. Bracht e Solange G. Carneiro (Arteris), Fabrício Soler, Tasso Cipriano e Daniela Mota (advogados) e, via teleconferência, as equipes das concessionárias Regis Bittencourt e Fernão Dias. As outras reuniões, em número de cinco, foram realizadas “on line” para discussões dos métodos, resultados parciais e aspectos de prestações de contas da FUNEP.

Nesta reunião foram tratados os seguintes assuntos: (i) aspectos legais de utilização de fitoreguladores no controle do crescimento de gramíneas em margens de rodovias, especialmente quanto às legislações estaduais e municipais, considerando que o registro nacional emitido pelo IBAMA e ANVISA já é suficiente para segurança jurídica ao nível nacional. A equipe de campo ficou encarregada de selecionar os locais de aplicação assessorada pela equipe da Fernão Dias e Regis Bittencourt, definindo os municípios para que a equipe jurídica tomasse as providências necessárias, junto às instâncias que considerar pertinentes à autorização legal para os experimentos.

Localizações dos ensaios de campo ao longo das rodovias. Ficou definido que seriam conduzidos três campos experimentais, dois na Regis Bittencourt nas regiões de Registro (SP) e Campina Grande do Sul (PR) e um na Fernão Dias na região de Pouso Alegre (MG). Os participantes das duas concessionárias ficaram responsáveis para selecionar alguns trechos da rodovia para que a equipe de campo escolhesse o mais adequado e, depois da informação à equipe da Arteris, seriam marcadas as datas das visitas aos locais sugeridos para as devidas seleções. Nesta seleção considerou-se que as áreas experimentais terão ao redor de duzentos metros de comprimento pela largura da faixa lateral. As parcelas não poderão ser instaladas em áreas sensíveis como áreas de conservação (APPs, parques nacionais ou estaduais, RPPNs) e dentro do perímetro urbano.

Eleições das áreas experimentais: Em função da não manifestação do IAT (Instituto de Terras e Águas do Paraná) para montagem de experimento naquele estado, as áreas experimentais foram escolhidas nos Estados de Minas Gerais e São Paulo.

Fernão Dias: A visita à Rodovia Fernão Dias para escolha da área experimental ocorreu no dia 13 de julho de 2019, ocasião em que foram visitadas três áreas sendo escolhida uma no próprio município de Pouso Alegre no quilômetro 866, sentido sul (Figura 01).



Figura 01 – Fotografia da área eleita para instalação do experimento na região de Pouso Alegre, Rodovia Fernão Dias Km 866 sentido Sul.

Regis Bittencourt: A visita para as eleições das duas áreas na Rodovia Regis Bittencourt foi realizada no dia 19 de julho de 2019. A área eleita no município de Registro (SP), Km 456 sentido Sul. Área eleita no estado do Paraná, não foi viabilizada, devido a não manifestação do IAT e, posteriormente, foi escolhida outra área no Estado de São Paulo, Rodovia Regis Bittencourt no sentido Norte, Km 466, município de Jacupiranga. Abaixo a foto do momento da vistoria desta área.



Figura 02 – Fotografia da área experimental eleita na rodovia Regis Bittencourt, Km 456 sentido Sul

Estas áreas foram escolhidas por serem representativas das coberturas vegetais das referidas rodovias e das presenças de grama-batatais e grama-esmeralda, mas tinham uma contaminação bastante grande de plantas exóticas invasoras como a braquiária (*Urochloa decumbens*) na Rodovia Fernão Dias, de

braquiária arrecta (*Urochloa subquadriflora*) na Rodovia Régis Bittencourt Km 456 e de braquiária decumbens e capim anoni (*Eragrostis plana*) no Km 466 desta mesma rodovia. Esta é uma condição bastante natural nas áreas verdes das rodovias no Brasil em função de que essas três espécies são plantas exóticas invasoras com bastante poder de colonização e impacto negativo sobre a forração plantada. Com o desenvolvimento do trabalho, por questões não relacionadas aos tratamentos, estas plantas se tornaram dominantes até mesmo na parcela testemunha onde não houve aplicação dos fitoreguladores e as consequências desta invasão serão discutidas nos resultados.

Etapa 02 – Implantação das áreas amostrais e avaliações dos resultados.

Na descrição desta etapa, o desenvolvimento dos trabalhos foi dividido por atividade para maior fluidez no desenvolvimento do texto e facilidade na leitura e acompanhamento. A demarcação das unidades amostrais foi realizada antes do início das coletas e as larguras das parcelas adotada foi de cinco por sete metros nas três unidades amostrais.

02.1. Características químicas dos solos

As amostras de solo coletadas nas áreas experimentais das rodovias Fernão Dias e Régis Bittencourt foram levadas para o laboratório, secadas à sombra em local seco e fresco e peneiradas em tamis de 2 mm. A seguir, alíquotas de 200 mL de cada amostra foram mantidas secando à sombra até peso constante, produzindo amostra designada por terra fina seca ao ar (TFSA). Na primeira coleta de cada local foram produzidas 500 g de TFSA, sendo 200 g encaminhadas para atividade heterotrófica global do solo e 300 g para análise das características químicas do solo. A partir da segunda época de coleta sempre foram retiradas 200 g para o estudo de atividade heterotrófica global do solo. Alíquotas também foram destinadas para análises de resíduos dos fitoreguladores no solo.

Trezentas gramas de TFSA de cada amostra da primeira coleta foram enviadas ao laboratório DMLab Análises de Ribeirão Preto para determinação das concentrações de matéria orgânica, P, K, Ca, Mg, S, Al, H+Al, B, Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Cr, Ni e Pb, a capacidade de troca catiônica, a soma e saturação de bases e o pH. As metodologias adotadas para as determinações das características químicas por este laboratório estão publicadas em Rajj et al. (2001).

Os resultados de discussões das análises das características químicas dos solos serão apresentados por área experimental

Rodovia Fernão Dias.

Como primeira atividade foram tomadas amostras para determinação das características químicas e físicas do solo da área experimental da Rodovia Fernão Dias. Os resultados dos valores obtidos estão apresentados nas Figuras 03 até 15.

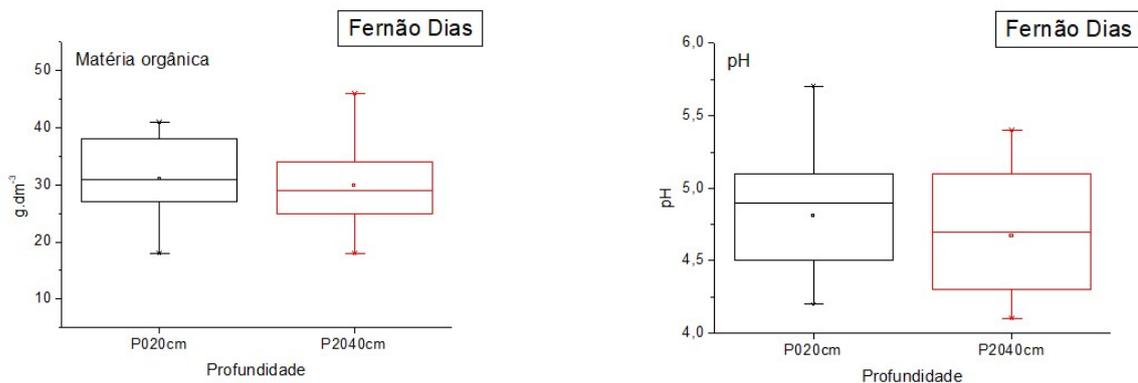


Figura 03 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores da concentração de matéria orgânica e do pH do solo da área verde da Rodovia Fernão Dias que está sendo conduzido o trabalho de fitoreguladores em gramados.

Inicialmente é importante frisar que foram tomadas dez amostras nesta área, em função da dificuldade de coleta, pois havia bastante pedras e aparentemente esta era uma área em que, na expansão da estrada, houve bastante trabalho com máquinas e havia intenso revolvimento das camadas superficiais do solo e levantando grande quantidade de pedras. Aparentemente se tratava de uma área de corte e as plantas estavam crescendo no subsolo.

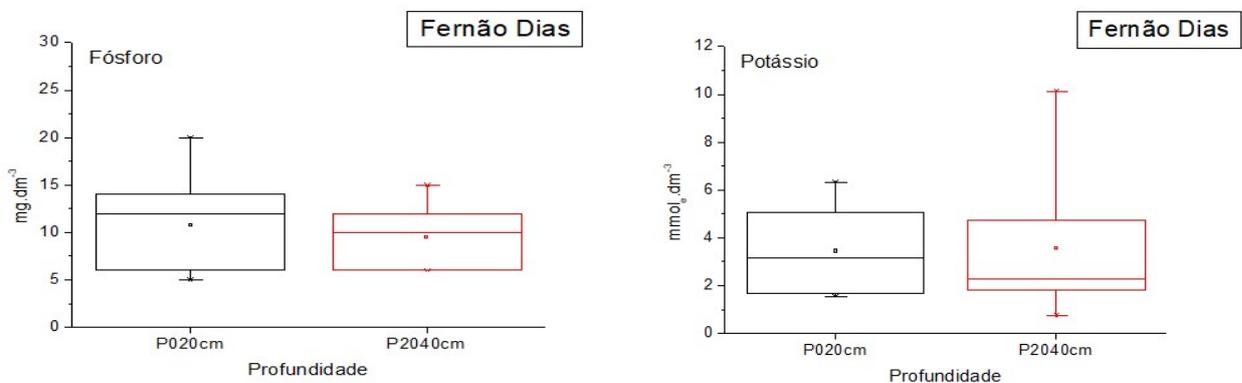


Figura 04 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores das concentrações de fósforo e potássio no solo da área verde da Rodovia Fernão Dias que está sendo conduzido o trabalho de fitoreguladores em gramados.

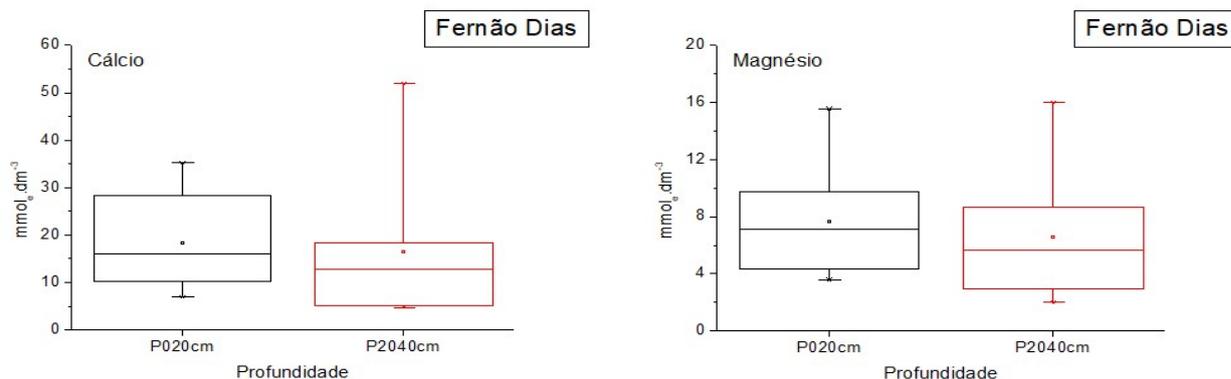


Figura 05 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores das concentrações de cálcio e magnésio no solo da área verde da Rodovia Fernão Dias que está sendo conduzido o trabalho de fitoreguladores em gramados.

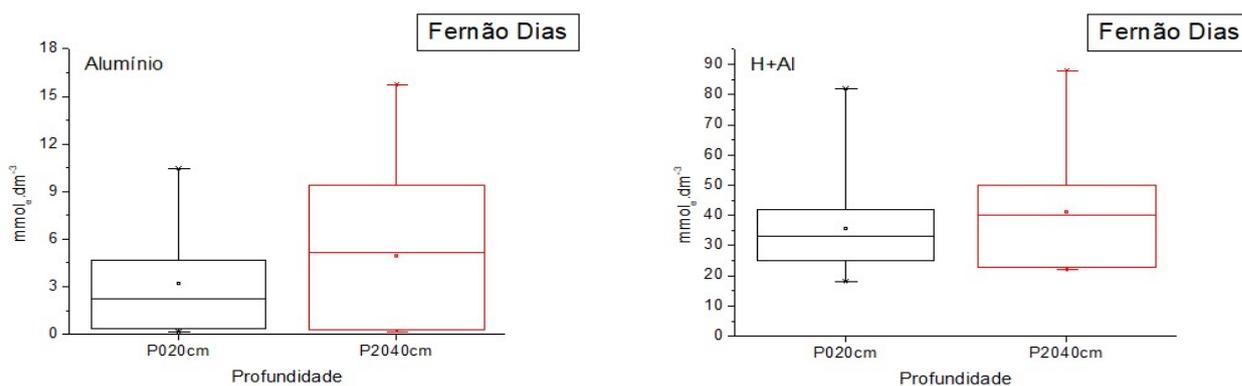


Figura 06 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores das concentrações de alumínio e H+Al no solo da área verde da Rodovia Fernão Dias que está sendo conduzido o trabalho de fitoreguladores em gramados.

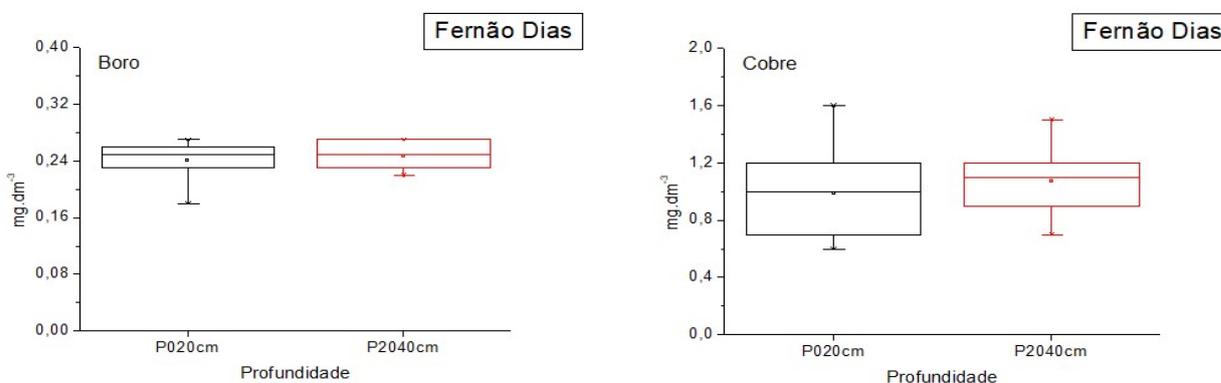


Figura 07 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores das concentrações de boro e cobre no solo da área verde da Rodovia Fernão Dias que está sendo conduzido o trabalho de fitoreguladores em gramados.

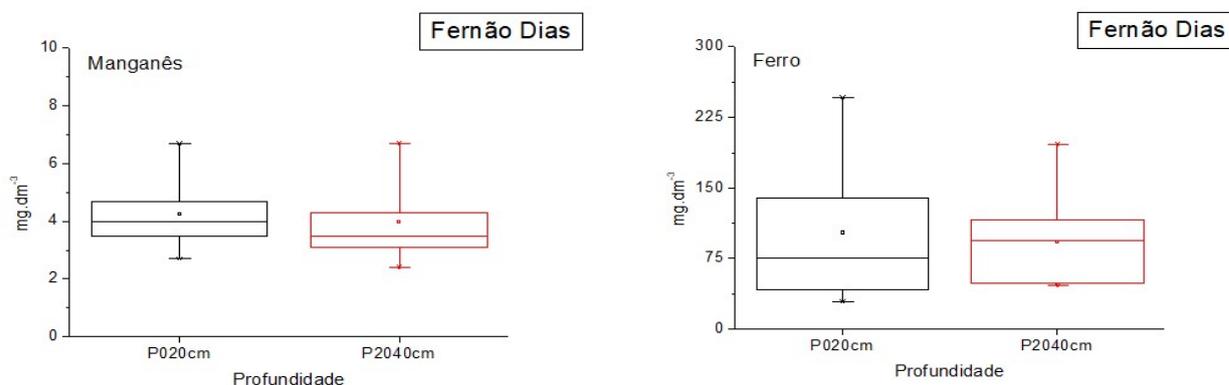


Figura 08 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores das concentrações de manganês e ferro no solo da área verde da Rodovia Fernão Dias que está sendo conduzido o trabalho de fitoreguladores em gramados.

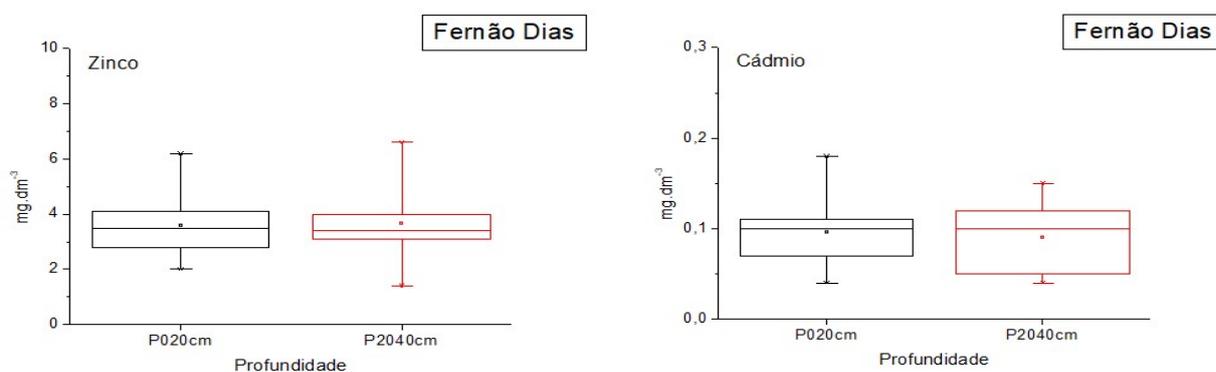


Figura 09 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores das concentrações de zinco e cádmio no solo da área verde da Rodovia Fernão Dias que está sendo conduzido o trabalho de fitoreguladores em gramados.

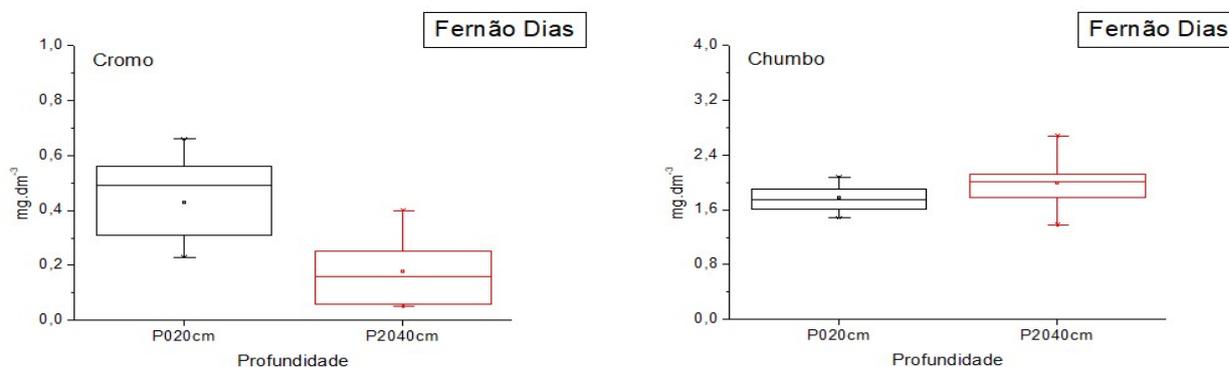


Figura 10 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores das concentrações de cromo e chumbo no solo da área verde da Rodovia Fernão Dias que está sendo conduzido o trabalho de fitoreguladores em gramados.

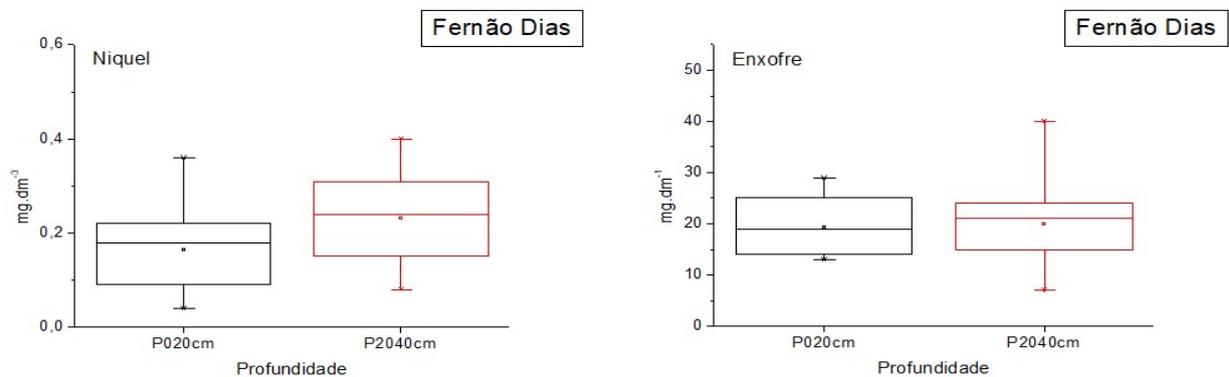


Figura 11 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores das concentrações de níquel e enxofre no solo da área verde da Rodovia Fernão Dias está sendo conduzido o trabalho de fitoreguladores em gramados.

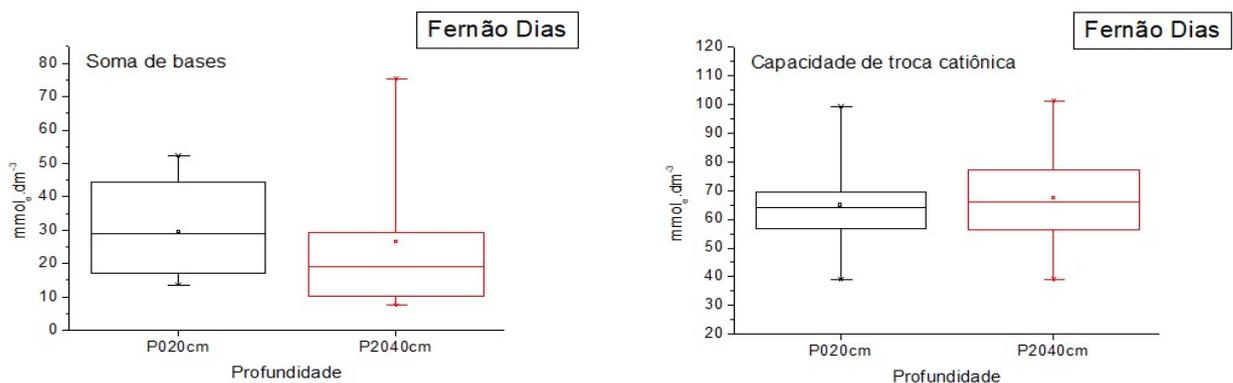


Figura 12 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores da soma de bases e capacidade de troca catiônica do solo da área verde da Rodovia Fernão Dias que está sendo conduzido o trabalho de fitoreguladores em gramados.

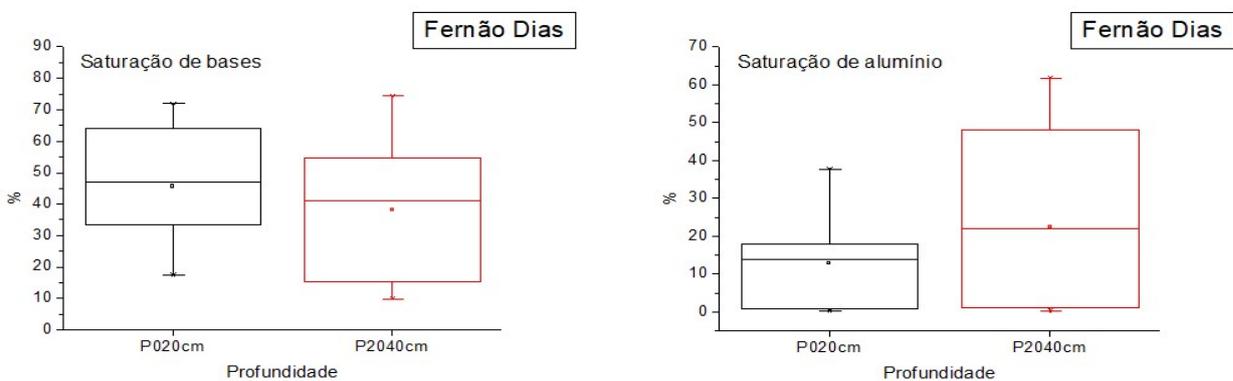


Figura 13 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores das saturações de bases e de alumínio do solo da área verde da Rodovia Fernão Dias que está sendo conduzido o trabalho de fitoreguladores em gramados.

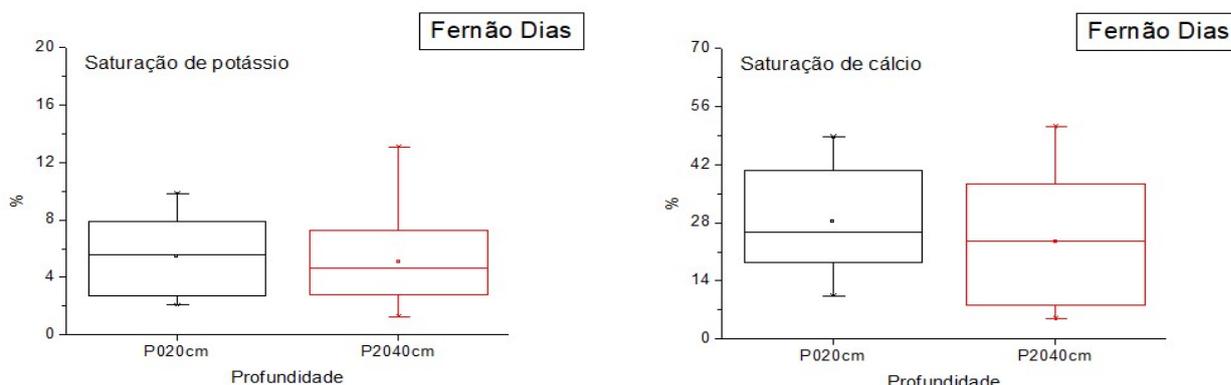


Figura 14 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores das saturações de potássio e cálcio do solo da área verde da Rodovia Fernão Dias que está sendo conduzido o trabalho de fitoreguladores em gramados.

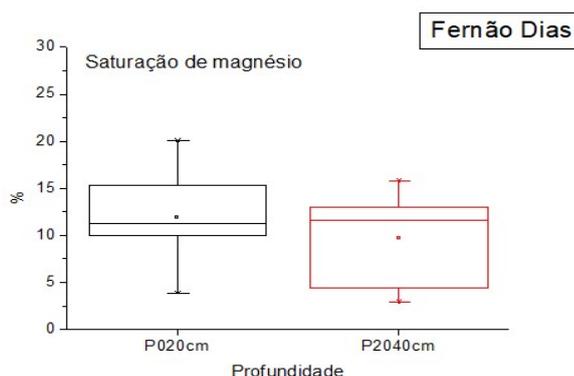


Figura 15 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores da saturação de magnésio do solo da área verde da Rodovia Fernão Dias que está sendo conduzido o trabalho de fitoreguladores em gramados.

Os resultados das análises de solo permitem inferir que realmente se trata de solo revolvido porque não há diferenciação das concentrações de nutrientes e de outras características físico-químicas (pH, capacidade de troca de cátions, soma de saturação de bases) no perfil, com valores similares para as duas profundidades. Também é importante citar que se trata de solo de baixa fertilidade e, sem dúvida, na cobertura deverá predominar o capim-braquiária, que é uma planta adaptada a solos de baixa fertilidade e foi introduzida no Brasil para viabilizar a pecuária em solo de baixíssima fertilidade no cerrado do Brasil Central.

Regis Bittencourt Km 456

Na área experimental da Rodovia Regis Bittencourt Km 456, os resultados obtidos nas análises das amostras de solo nas Figuras 16 até 28.

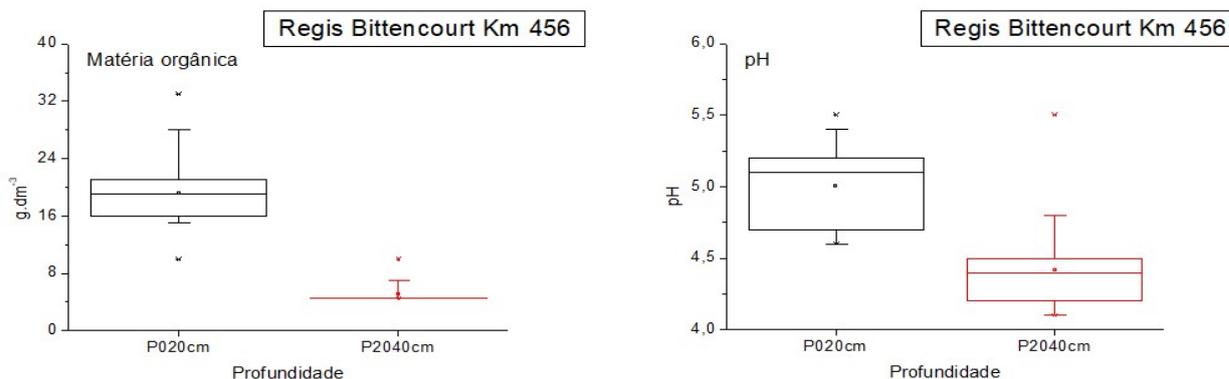


Figura 16 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores da concentração de matéria orgânica e do pH do solo da área verde da Rodovia Régis Bittencourt Km 456 que está sendo conduzido o trabalho de fitoreguladores em gramados.

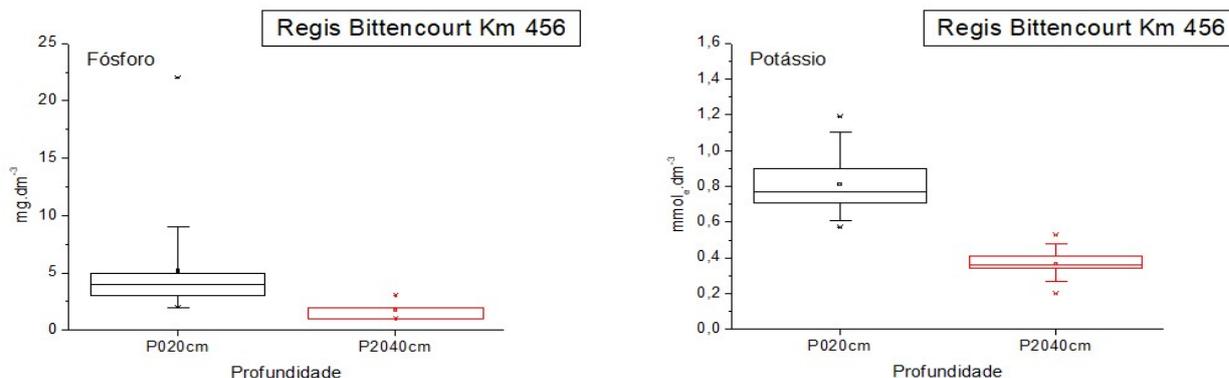


Figura 17 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores das concentrações de fósforo e potássio no solo da área verde da Rodovia Régis Bittencourt Km 456 que está sendo conduzido o trabalho de fitoreguladores em gramados.

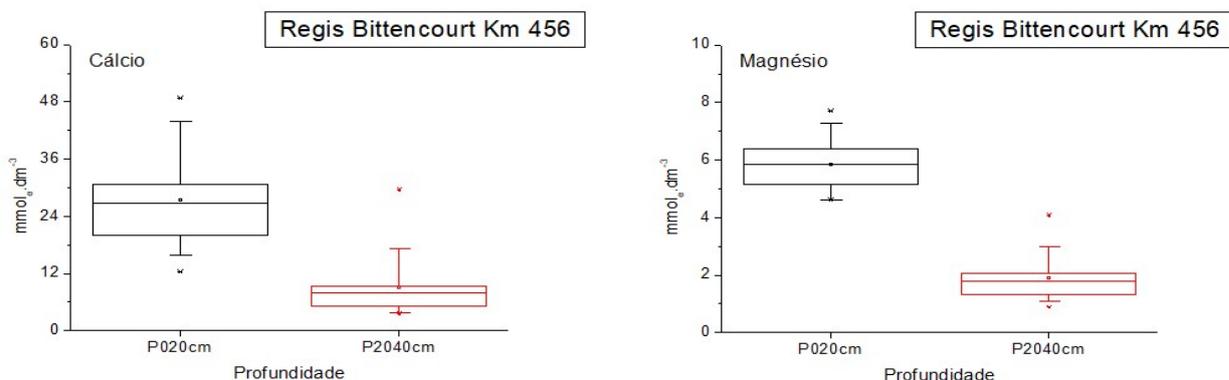


Figura 18 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores das concentrações de cálcio e magnésio no solo da área verde da Rodovia Régis Bittencourt Km 456 que está sendo conduzido o trabalho de fitoreguladores em gramados.

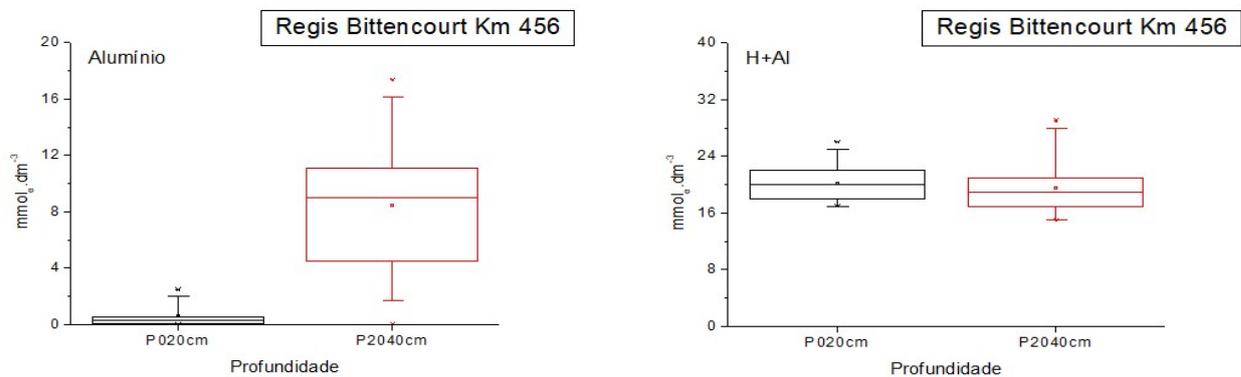


Figura 19 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores das concentrações de alumínio e H+Al no solo da área verde da Rodovia Regis Bittencourt Km 456 que está sendo conduzido o trabalho de fitoreguladores em gramados.

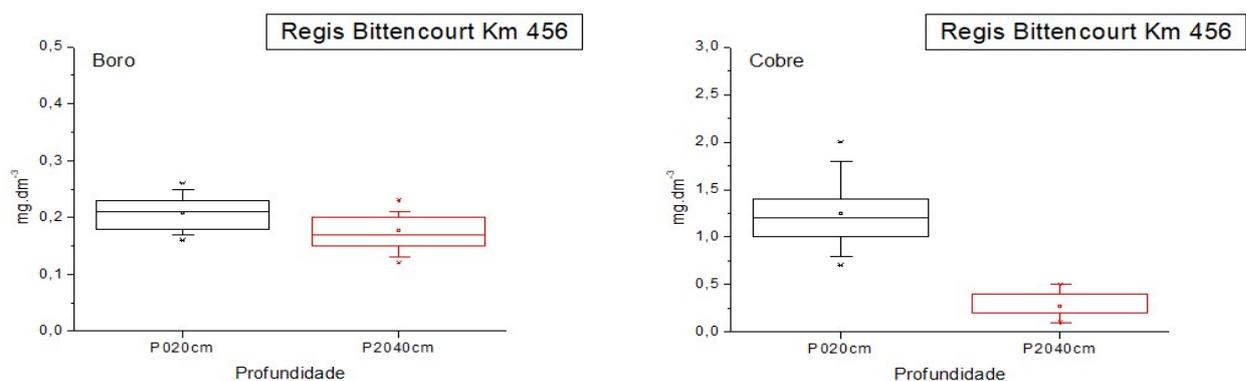


Figura 20 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores das concentrações de boro e cobre no solo da área verde da Rodovia Regis Bittencourt Km 456 que está sendo conduzido o trabalho de fitoreguladores em gramados.

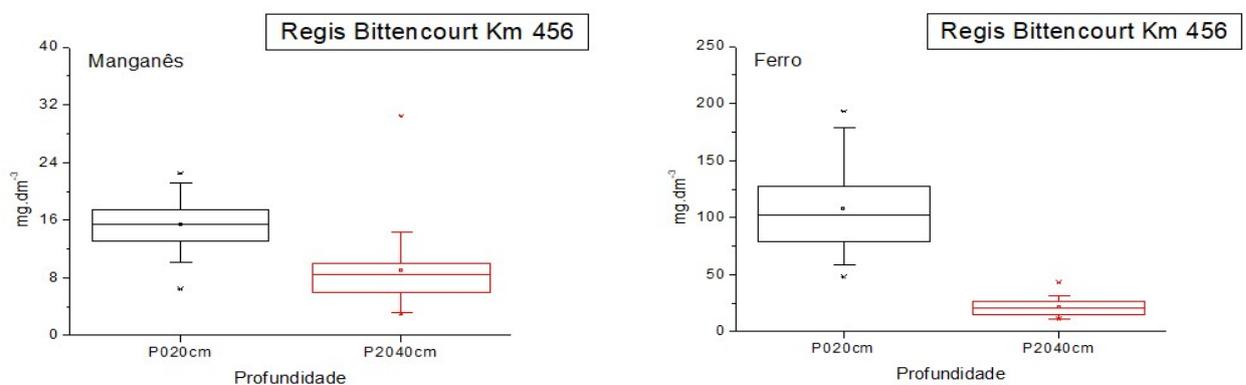


Figura 21 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores das concentrações de manganês e ferro no solo da área verde da Rodovia Regis Bittencourt Km 456 que está sendo conduzido o trabalho de fitoreguladores em gramados.

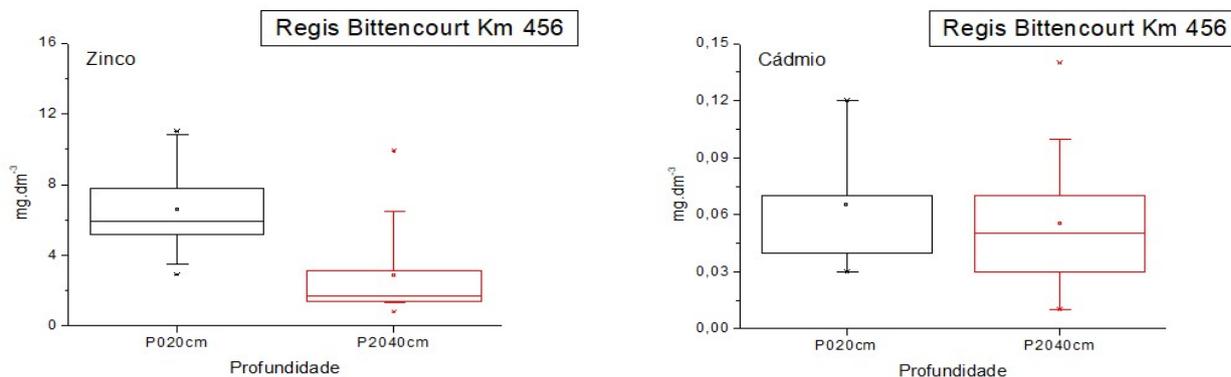


Figura 22 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores das concentrações de zinco e cádmio no solo da área verde da Rodovia Regis Bittencourt Km 456.

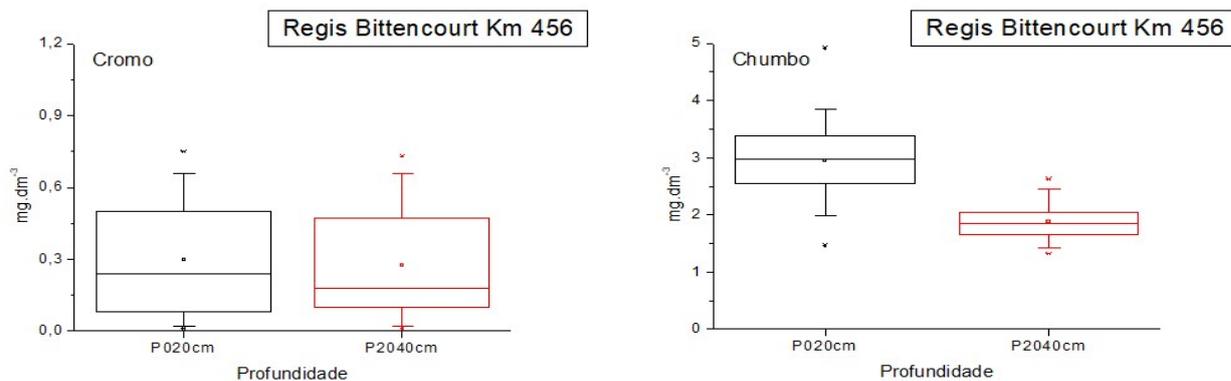


Figura 23 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores das concentrações de cromo e chumbo no solo da área verde da Rodovia Regis Bittencourt Km 456 que está sendo conduzido o trabalho de fitoreguladores em gramados.

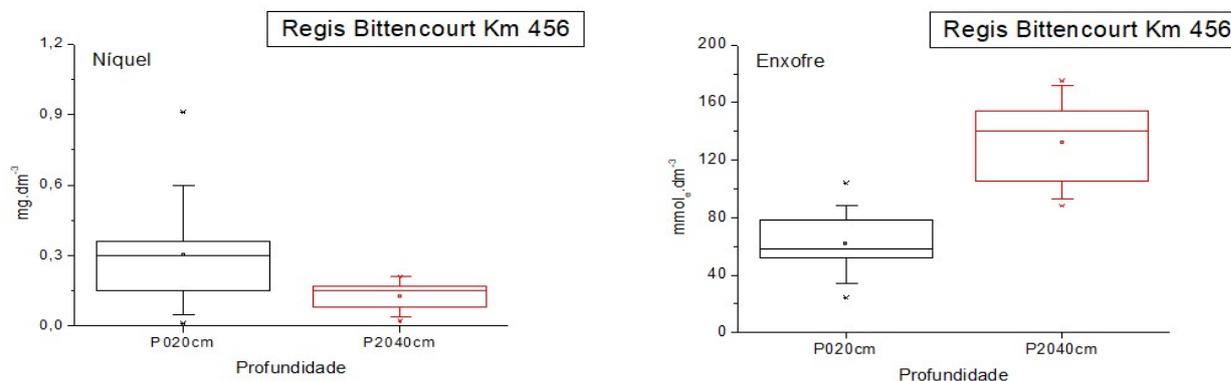


Figura 24 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores das concentrações de níquel e enxofre no solo da área verde da Rodovia Regis Bittencourt Km 456 está sendo conduzido o trabalho de fitoreguladores em gramados.

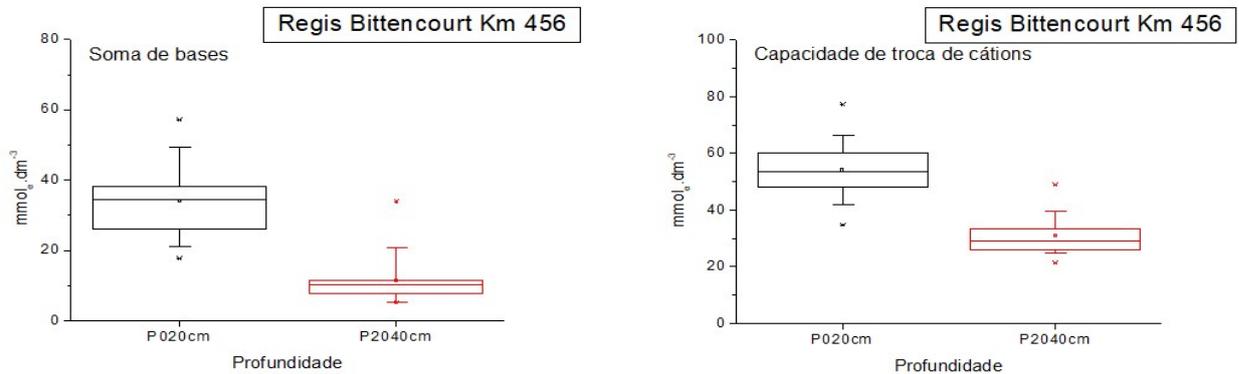


Figura 25 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores da soma de bases e capacidade de troca catiônica do solo da área verde da Rodovia Regis Bittencourt Km 456.

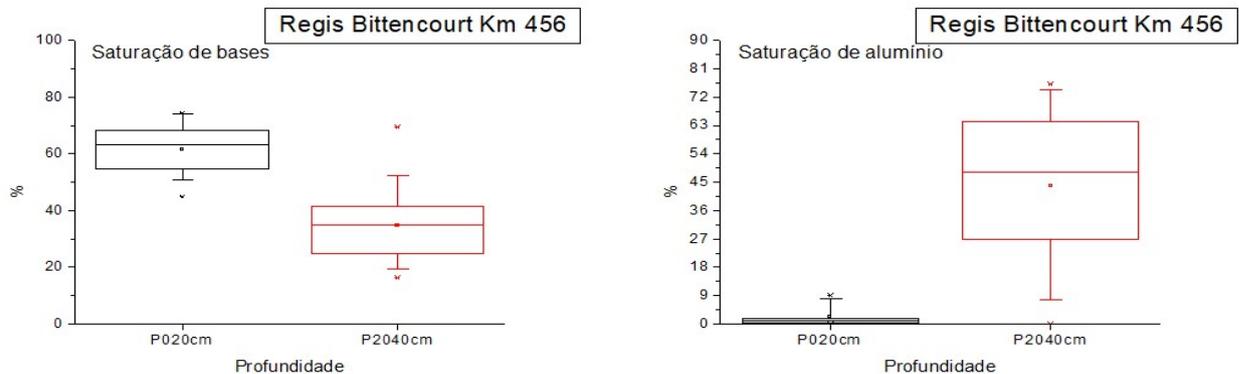


Figura 26 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores das saturações de bases e de alumínio do solo da área verde da Rodovia Regis Bittencourt Km 456 que está sendo conduzido o trabalho de fitoreguladores em gramados.

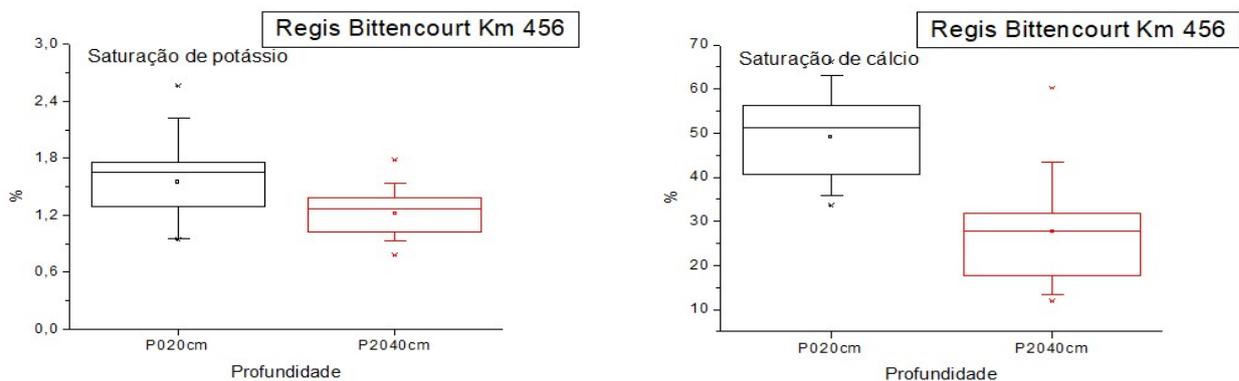


Figura 27 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores das saturações de potássio e cálcio do solo da área verde da Rodovia Regis Bittencourt Km 456 que está sendo conduzido o trabalho de fitoreguladores em gramados.

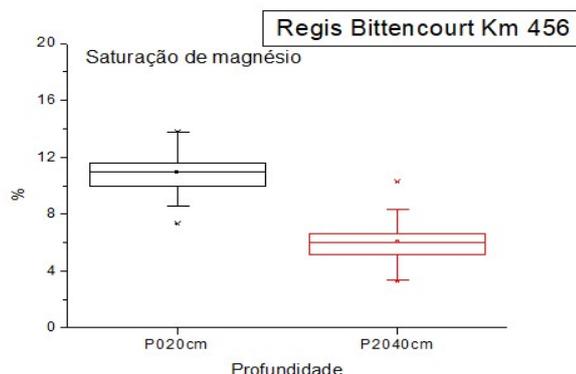


Figura 28 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores da saturação de magnésio do solo da área verde da Rodovia Regis Bittencourt Km 456.

Os resultados das análises das características químicas e físicas sugerem na área experimental da Rodovia Regis Bittencourt Km 456 há um solo mais preservado em comparação à área experimental da Fernão Dias, com diferenciação entre os horizontes A e B. Na camada superficial do solo (0-20 cm) houve maiores valores de pH, soma e concentrações de matéria orgânica, P, K, Ca, Mg, Cu, Mn, Fe, Zn, Pb, soma e saturação de bases trocáveis e saturações de Ca e Mg, em relação ao horizonte de 20-40 cm. No horizonte mais profundo foram determinadas maiores concentrações de Al e S e maior saturação de Al. Não foram observadas diferenças nas concentrações de H+Al, B, Cd, Cr, Ni e saturação de K. De todos os metais pesados, o Pb foi o que acumulou mais no horizonte superficial, provavelmente como resíduo do tempo em que as gasolinas continham este elemento.

Rodovia Regis Bittencourt Km 466

Na área experimental da Rodovia Regis Bittencourt Km 466 também foram tomadas amostras para determinação das características químicas e físicas do solo da área experimental. Os resultados dos valores obtidos estão apresentados nas Figuras 29 até 41.

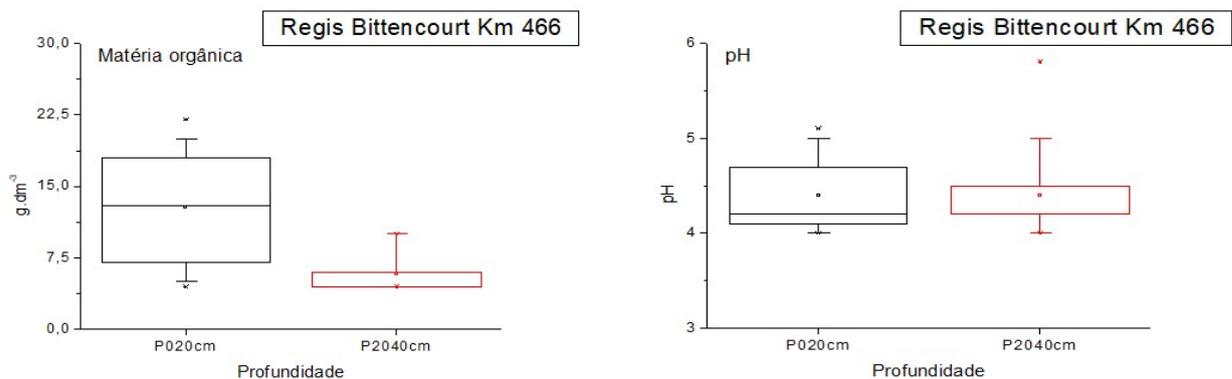


Figura 29 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores da concentração de matéria orgânica e do pH do solo da área verde da Rodovia Regis Bittencourt Km 466 que está sendo conduzido o trabalho de fitoreguladores em gramados.

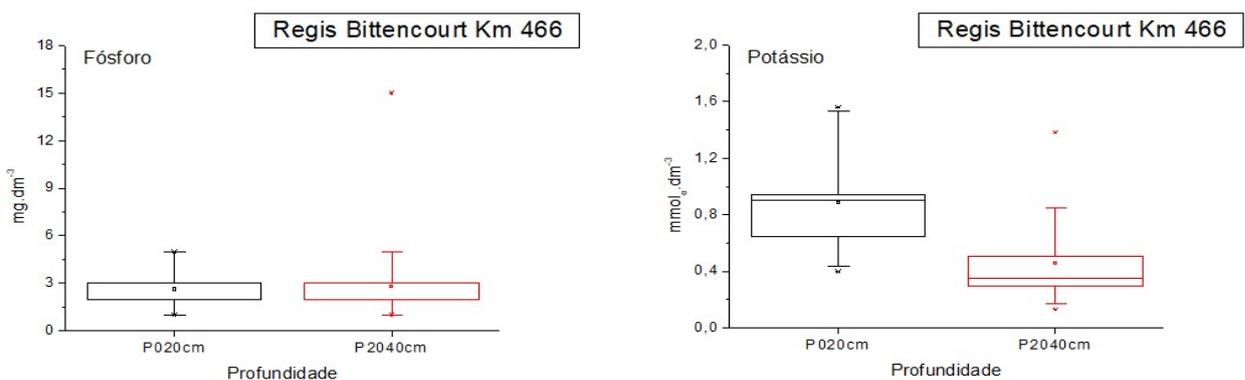


Figura 30 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores das concentrações de fósforo e potássio no solo da área verde da Rodovia Regis Bittencourt Km 466.

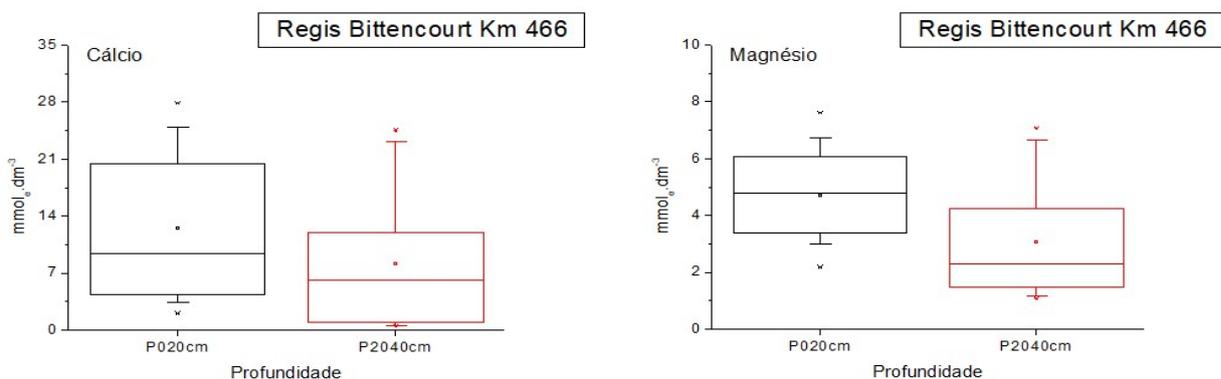


Figura 31 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores das concentrações de cálcio e magnésio no solo da área verde da Rodovia Regis Bittencourt Km 466 que está sendo conduzido o trabalho de fitoreguladores em gramados.

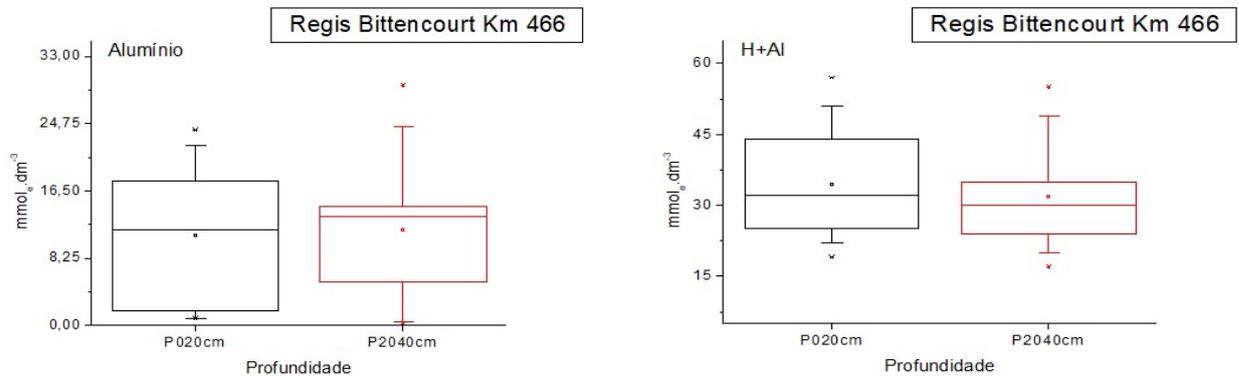


Figura 32 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores das concentrações de alumínio e H+Al no solo da área verde da Rodovia Regis Bittencourt Km 466 que está sendo conduzido o trabalho de fitoreguladores em gramados.

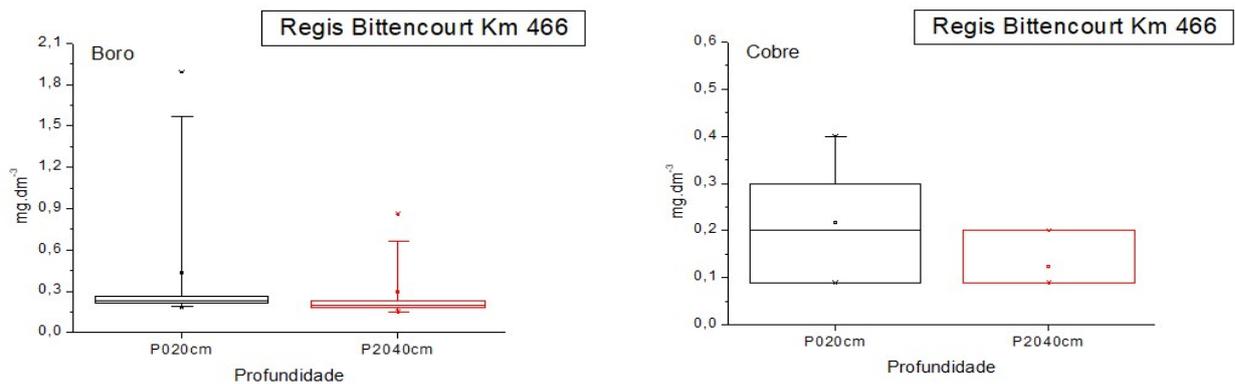


Figura 33 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores das concentrações de boro e cobre no solo da área verde da Rodovia Regis Bittencourt Km 466.

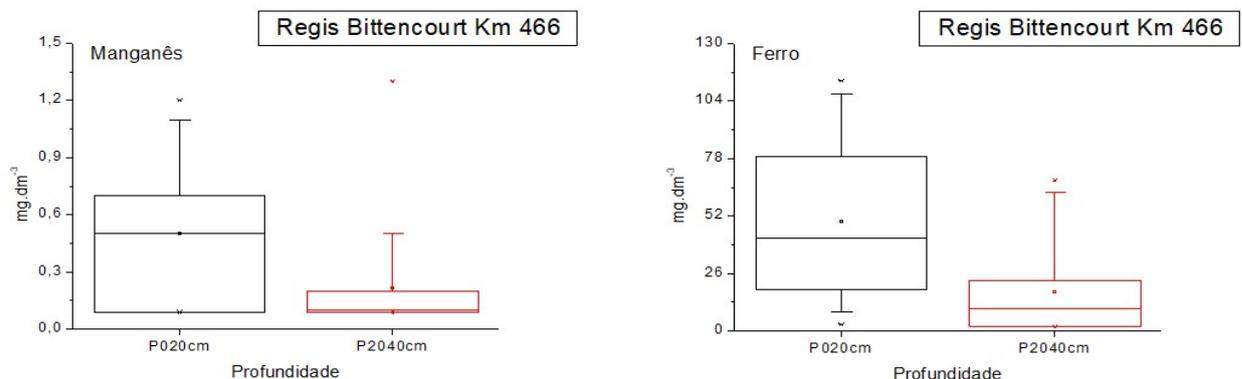


Figura 34 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores das concentrações de manganês e ferro no solo da área verde da Rodovia Regis Bittencourt Km 466 que está sendo conduzido o trabalho de fitoreguladores em gramados.

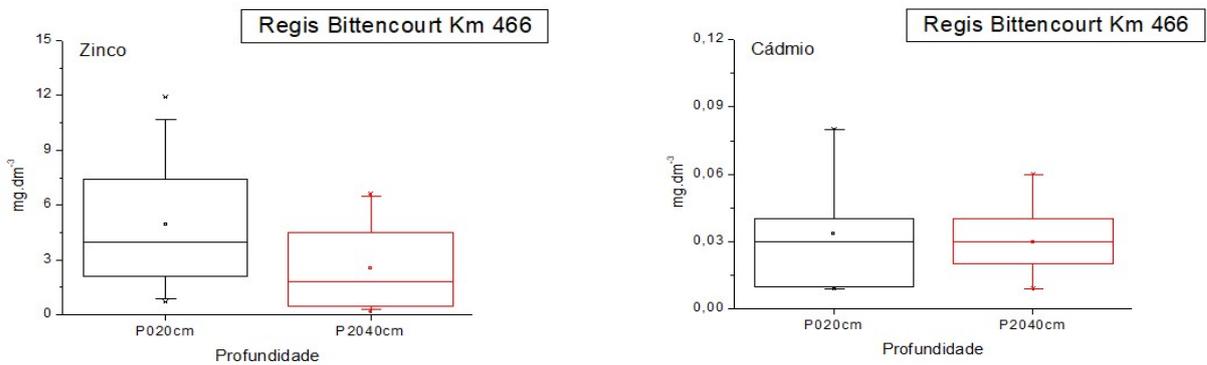


Figura 35 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores das concentrações de zinco e cádmio no solo da área verde da Rodovia Regis Bittencourt Km 466 que está sendo conduzido o trabalho de fitoreguladores em gramados.

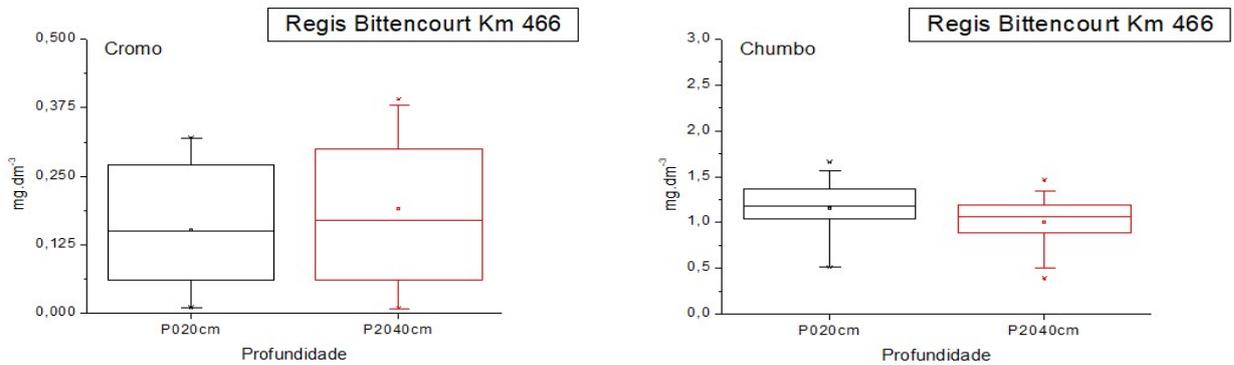


Figura 36 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores das concentrações de cromo e chumbo no solo da área verde da Rodovia Regis Bittencourt Km 466 que está sendo conduzido o trabalho de fitoreguladores em gramados.

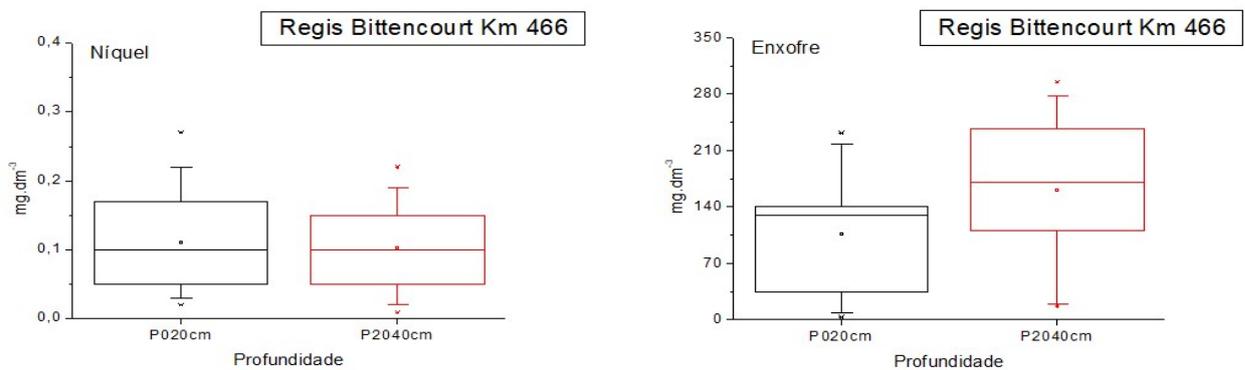


Figura 37 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores das concentrações de níquel e enxofre no solo da área verde da Rodovia Regis Bittencourt Km 466 está sendo conduzido o trabalho de fitoreguladores em gramados.

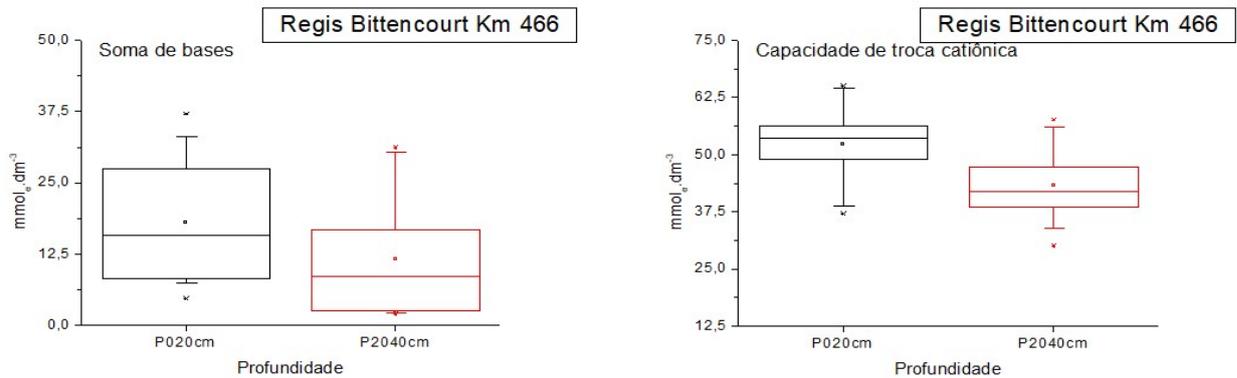


Figura 38 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores da soma de bases e capacidade de troca catiônica do solo da área verde da Rodovia Regis Bittencourt Km 466 que está sendo conduzido o trabalho de fitoreguladores em gramados.

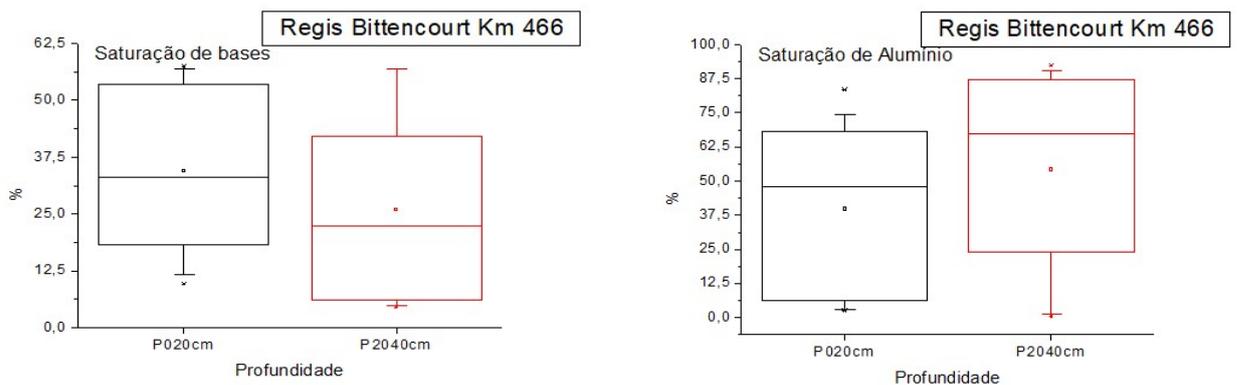


Figura 39 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores das saturações de bases e de alumínio do solo da área verde da Rodovia Regis Bittencourt Km 466 que está sendo conduzido o trabalho de fitoreguladores em gramados.

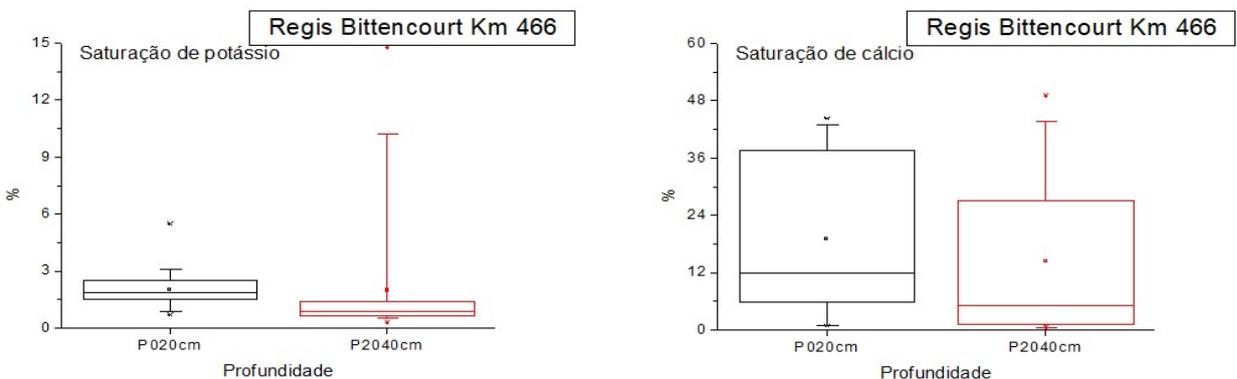


Figura 40 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores das saturações de potássio e cálcio do solo da área verde da Rodovia Regis Bittencourt Km 466 que está sendo conduzido o trabalho de fitoreguladores em gramados.

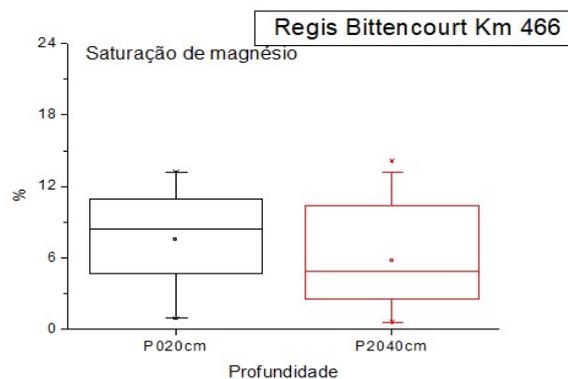


Figura 41 – Representações gráficas das análises “Box-Chart” dos valores da saturação de magnésio do solo da área verde da Rodovia Regis Bittencourt Km 466 que está sendo conduzido o trabalho de fitoreguladores em gramados.

Ao contrário do que foi verificado para a área da Rodovia Fernão Dias, nas áreas experimentais da Rodovia Regis Bittencourt, houve diferença para algumas características do solo entre as profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm. Especificamente para a área experimental da Rodovia Regis Bittencourt Km 466, os resultados da análise química do solo mostram que houve diferenças significativas apenas para a capacidade de troca catiônica, concentração de matéria orgânica e concentração e saturação de K. É possível que o aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) no horizonte superficial seja decorrência da maior concentração de K. Pelas características trata-se de solo revolvido há algum tempo, sem trabalhos no solo recentes.

Também foram aplicados o teste t para comparações binárias de grupos de média de cada profundidade e os resultados estão apresentados nas Tabelas 02 a 04. Os resultados desta outra forma de abordagem corroboraram os comportamentos estatísticos dos dados observados na análise “box-chart”.

Tabela 02 – Características químicas do solo da área experimental da Rodovia Fernão Dias Km 866 em Pouso Alegre (MG), em amostras coletadas antes da aplicação dos tratamentos.

Característica do solo	Profundidade (cm)		t	P	
	0-20	24-40			
	g.dm ⁻³	31,00	29,8	0,34	0,44 ns
pH	----	4,80	4,70	0,68	0,51 ns
P	mg.dm ⁻³	10,70	9,50	0,67	0,51 ns
K	mole.dm ⁻³	3,41	3,51	0,09	0,93 ns
Ca	mole.dm ⁻³	18,30	16,40	-0,32	0,75 ns
Mg	mole.dm ⁻³	7,60	6,60	-0,59	0,56 ns
Al	mole.dm ⁻³	3,20	4,90	0,85	0,40 ns
H+Al	mole.dm ⁻³	35,50	49,90	0,62	0,54 ns
SB	mole.dm ⁻³	29,40	26,50	-0,34	-0,73 ns
CTC	mole.dm ⁻³	64,80	67,40	0,32	0,76 ns
S	mg.dm ⁻³	19,30	20,00	0,19	0,85 ns
V%	%	45,60	38,30	-0,78	0,44 ns
Al%	%	12,80	22,50	1,07	0,30 ns
K%	%	5,50	5,10	-0,26	0,79 ns
Ca%	%	28,20	23,50	-0,70	0,49 ns
Mg%	%	11,90	9,70	-1,04	0,31 ns
B	mg.dm ⁻³	0,24	0,25	0,56	0,58 ns
Cu	mg.dm ⁻³	0,99	1,07	0,62	0,54 ns
Mn	mg.dm ⁻³	4,23	3,96	-0,47	0,64 ns
Fe	mg.dm ⁻³	102,20	92,10	0,34	0,74 ns
Zn	mg.dm ⁻³	3,57	3,65	0,13	0,90 ns
Cr	mg.dm ⁻³	0,43	0,18	-4,08	6,97 *
Ni	mg.dm ⁻³	0,16	0,23	1,42	0,17 ns
Cd	mg.dm ⁻³	0,10	0,09	-0,32	0,75 ns
Pb	mg.dm ⁻³	1,78	1,99	1,53	0,14 ns

- ns indica que não houve diferença estatística entre as duas profundidades
- * indica que houve diferença estatisticamente significativa entre as duas profundidades do solo

Os valores de F obtidos nas análises de variância dos dados comprovam os resultados apresentados pela análise gráfica pelo “box-chart”. São duas abordagens estatísticas distintas, mas que levaram aos mesmos comportamentos estatísticos.

Tabela 03 – Características químicas do solo da área experimental da Rodovia Régis Bittencourt, Km456 sul, em Registro (SP), em amostras coletadas antes da aplicação dos tratamentos.

Característica do solo	Profundidade (cm)		T	P		
	0-20	24-40				
	g.dm ⁻³	19,10	51,10	11,78	3,07*10 ⁻¹⁴	*
pH	----	5,00	4,42	-6,16	3,38*10 ⁻⁷	*
P	mg.dm ⁻³	5,15	1,70	-3,45	1,14*10 ⁻³	*
K	mole.dm ⁻³	0,81	0,37	-10,70	4,99*10 ⁻¹³	*
Ca	mole.dm ⁻³	27,25	8,96	-7,10	1,80*10 ⁻⁸	*
Mg	mole.dm ⁻³	5,81	1,88	-14,64	3,30*10 ⁻¹⁷	*
Al	mole.dm ⁻³	0,57	8,41	6,90	3,33*10 ⁻⁸	*
H+Al	mole.dm ⁻³	20,10	19,55	-0,53	0,60	ns
SB	mole.dm ⁻³	33,88	11,22	-8,30	4,57*10 ⁻¹⁰	*
CTC	mole.dm ⁻³	53,98	30,76	-9,09	4,56*10 ⁻¹¹	*
S	mg.dm ⁻³	61,50	132,15	8,73	1,29*10 ⁻¹⁰	*
V%	%	61,61	34,81	7,75	2,46*10 ⁻⁹	*
Al%	%	2,17	43,99	7,95	1,32*10 ⁻⁹	*
K%	%	1,55	1,21	-3,10	3,00*10 ⁻³	*
Ca%	%	49,14	27,57	-6,19	3,12*10 ⁻⁷	*
Mg%	%	10,93	6,02	-9,22	3,00*10 ⁻¹¹	*
B	mg.dm ⁻³	0,21	0,17	-3,54	1,08*10 ⁻³	*
Cu	mg.dm ⁻³	1,24	0,26	-11,68	3,84*10 ⁻¹⁴	*
Mn	mg.dm ⁻³	15,38	9,02	-3,93	3,48*10 ⁻⁴	*
Fe	mg.dm ⁻³	107,25	21,05	-9,53	1,29*10 ⁻¹¹	*
Zn	mg.dm ⁻³	6,59	2,83	-5,21	6,84*10 ⁻⁶	*
Cr	mg.dm ⁻³	0,30	0,27	-0,33	0,74	ns
Ni	mg.dm ⁻³	0,30	0,12	-3,84	4,47*10 ⁻⁴	*
Cd	mg.dm ⁻³	0,06	0,05	-0,95	0,35	ns
Pb	mg.dm ⁻³	2,95	1,88	-5,75	1,24*10 ⁻⁶	*

- ns. indica que não houve diferença estatística entre as duas profundidades
- * indica que houve diferença estatisticamente significativa entre as duas profundidades do solo

Os valores de F obtidos nas análises de variância dos dados comprovam os resultados apresentados pela análise gráfica pelo “box-chart”. São duas abordagens estatísticas distintas, mas que levaram aos mesmos comportamentos estatísticos.

Tabela 04 – Características químicas do solo da área experimental da Rodovia Régis Bittencourt, Km466 norte, em Registro (SP), em amostras coletadas antes da aplicação dos tratamentos.

Característica do solo	Profundidade (cm)		T	P		
	0-20	24-40				
	g.dm ⁻³	12,78	5,75	-5,17	7,83*10 ⁻⁶	*
pH	----	4,39	4,39	6,88	1,00	ns
P	mg.dm ⁻³	2,60	2,75	0,20	0,89	ns
K	mol.e.dm ⁻³	0,88	0,46	-4,29	1,19*10 ⁻⁴	*
Ca	mol.e.dm ⁻³	12,44	8,09	-1,21	0,11	ns
Mg	mol.e.dm ⁻³	4,70	3,07	-2,93	5,77*10 ⁻³	*
Al	mol.e.dm ⁻³	11,01	11,62	0,24	0,82	ns
H+Al	mol.e.dm ⁻³	34,30	31,65	-0,78	0,44	ns
SB	mol.e.dm ⁻³	18,02	11,62	-1,94	0,06	ns
CTC	mol.e.dm ⁻³	52,32	43,27	-3,81	4,90*10 ⁻⁴	*
S	mg.dm ⁻³	106,45	160,10	2,07	0,04	*
V%	%	34,38	25,97	-1,35	0,18	ns
Al%	%	39,72	54,13	1,40	0,17	ns
K%	%	1,71	1,03	-3,49	1,24*10 ⁻³	*
Ca%	%	23,62	17,90	-1,12	0,27	ns
Mg%	%	9,06	7,03	1,88	0,07	ns
B	mg.dm ⁻³	0,22	0,19	-3,83	4,96*10 ⁻⁴	*
Cu	mg.dm ⁻³	0,22	0,12	-3,10	3,66*10 ⁻³	*
Mn	mg.dm ⁻³	0,50	0,22	-2,74	9,41*10 ⁻³	*
Fe	mg.dm ⁻³	49,20	17,65	-3,37	1,75*10 ⁻³	*
Zn	mg.dm ⁻³	4,92	2,54	-2,42	0,02	*
Cr	mg.dm ⁻³	0,15	0,19	0,94	0,35	ns
Ni	mg.dm ⁻³	0,11	0,10	-0,33	0,74	ns
Cd	mg.dm ⁻³	0,03	0,03	-0,53	0,59	ns
Pb	mg.dm ⁻³	1,15	1	-1,58	0,12	ns

- ns. indica que não houve diferença estatística entre as duas profundidades
- * indica que houve diferença estatisticamente significativa entre as duas profundidades do solo

Os valores de F obtidos nas análises de variância dos dados comprovam os resultados apresentados pela análise gráfica pelo “box-chart”. São duas abordagens estatísticas distintas, mas que levaram aos mesmos comportamentos estatísticos.

02.2. Tratamentos experimentais

Para a escolha dos produtos utilizados nesta pesquisa de avaliação da redução do crescimento de gramíneas utilizou-se como critério: (i) o registro do produto para uso não agrícola e (ii) a utilização do produto para esta finalidade em outros países. Com esses critérios foram escolhidos: o trinexapaque-etílico, o glifosato e o imazapir em suas formulações comerciais NA. As doses escolhidas para cada produto foram determinadas pela literatura e pela experiência de pesquisadores consultados. Os produtos utilizados na pesquisa foram:

Imazapir. A formulação comercial utilizada foi o Arsenal NA® e sua composição é sal de amônia de imazapir (266,3 g.L⁻¹ de equivalente ácido) e ingredientes inertes em quantidade suficiente para completar um litro. Na planta comporta-se como um produto sistêmico não seletivo, do grupo químico imidazolinonas, que em altas doses atua como herbicida. Este produto é absorvido rapidamente e translocado através do xilema e floema para as regiões meristemáticas da planta, onde se acumula. Embora a interrupção de crescimento das regiões meristemáticas ocorra logo após a aplicação, a clorose das folhas novas e a necrose dos tecidos podem demorar em algumas espécies até duas semanas. Quando aplicado em baixas doses, ocorre o acúmulo localizado nos tecidos meristemáticos e atua como redutor de crescimento. O Arsenal® é registrado no IBAMA, sob o número 715/93, para controle de plantas daninhas em aceiros, margens de rodovias, ferrovias, oleodutos e terminais e linhas e sub-estações de alta tensão (BASF, 2020).

Glifosato. Na aplicação deste experimento foi aplicada a formulação comercial Glifosato Nortox 480 NA, cuja composição é sal de amônio de N-(fosfonometil) glicina (480 g) e ingredientes inertes em quantidade suficiente para completar um litro. É um produto sistêmico, com fácil translocação na planta e que atua impedindo a síntese de determinados aminoácidos essenciais ao crescimento das plantas. O Glifosato Nortox 480 NA® é registrado no IBAMA sob nº 3817597/2019 para uso não agrícola, florestal ou urbano e é autorizado para o controle de plantas daninhas ao longo de cercas, aceiros, rodovias, ferrovias, faixa sob rede de alta tensão e passagem de oleoduto (Nortox, 2020).

Trinexapaque-etílico. O trinexapaque-etílico está em final de registro e foi aplicado o produto pré-comercial com Registro Especial Temporário, denominado Trix NA. A composição desta formulação é ethyl 4-cyclopropyl (hydroxy)methylene-3,5-dioxocyclohexanecarboxylate (250 g.L⁻¹) e ingredientes inertes em quantidade suficiente para um litro do produto comercial. Este produto está na fase final de registro no IBAMA para uso não agrícola e está indicado na bula proposta para manejo do crescimento de plantas ao longo de cercas, rodovias, aceiros, ferrovias, faixas de servidão de linhas de transmissão elétrica, gasodutos e passagem de oleodutos, segundo informações da empresa registrante Ourofino Agrociências SA.

Triclopir. A composição do Garlon NA® é 480 g.L⁻¹ de equivalente ácido do triclopir, 307 g.L⁻¹ de querosene e ingrediente inerte em quantidade suficiente para completar um litro da formulação. Este herbicida está registrado no IBAMA para áreas não agrícolas sob o número 0195/2010 e sua utilização é permitida para controle de plantas daninhas em oleodutos, aceiros, ferrovias, margens de rodovias, linhas de transmissão elétrica e áreas de florestas nativas, sendo seu uso permitido em unidades de conservação da natureza para controle de plantas exóticas invasoras. Trata-se de um herbicida sistêmico não residual, classificado como hormonal, com eficácia contra plantas dicotiledôneas herbáceas, arbustivas e arbóreas. (Brasil, 2020 a). Devido as condições climáticas no desenvolvimento deste projeto, nas áreas experimentais não ocorreu emergência de plantas daninhas dicotiledôneas em níveis populacionais suficientes para que fosse justificada a aplicação do Garlon NA.

Dessa forma, os tratamentos experimentais constaram destes três produtos fitoreguladores em duas doses e épocas de aplicação como está apresentado na Tabela 05. Os ensaios foram instalados no delineamento experimental de blocos casualizado com três repetições. As parcelas tiveram 15 X 7 metros na Rodovia Fernão Dias e 10 x 6 metros nas duas áreas de Rodovia Régis Bittencourt. A disponibilidade de espaço era limitada, o que justifica a diferença de tamanho das parcelas nas áreas experimentais, especialmente em relação ao projeto original.

De forma especulativa, nos experimentos realizados na estação experimental da Ecosafe também foram testados os produtos com formulações comerciais denominadas Cultar® e Moddus®. São dois fitoreguladores, sem registro não agrícola. As razões para a inclusão destes produtos em estudos na estação experimental serão explicadas na descrição dos produtos.

Paclobutrazol O ingrediente ativo do Cultar® é (2RS,3RS)-1-(4-chlorophenyl)-4,4-dimethyl-2-(1H-1,2,4-triazol-1-yl)pentan-3-ol (250 g/L), nome técnico paclobutrazol, possuindo ingrediente inerte em quantidade suficiente para completar um litro da formulação. Este produto é um fitoregulador que atua na inibição da biossíntese de giberelina de forma similar ao trinexapaque-etílico, mas com outra via preferencial de absorção. O trinexapaque-etílico é absorvido principalmente pelas folhas, enquanto o paclobutrazol tem absorção preferencial pelas raízes. Este produto é bastante utilizado no controle do crescimento de gramíneas em campo de golfe em vários países. A inclusão deste produto nos testes se baseia no fato de que a empresa detentora da molécula no Brasil, solicitou Registro Especial Temporário para áreas não agrícolas e está conduzindo experimentos em gramados.

Trinexapaque-etílico. Este fitoregulador, o Moddus, tem exatamente o mesmo ingrediente ativo e composição do Trix. A razão para a inclusão nestes testes em condições de estação experimental é para comparação de duas formulações, uma com longo tempo de uso no Brasil (Moddus®) com outra que ainda está em testes para registro (Trix).

Aplicação dos produtos. Os produtos utilizados neste projeto foram aplicados com pulverizador costal elétrico, munidos de bicos leques Teejet 100.04, numa pressão de 25 p.s.i. e consumo de calda de 400 L.ha⁻¹. As dosagens dos produtos foram realizadas no campo pouco antes da aplicação de cada tratamento. As doses de cada um dos produtos já estão especificadas no item correspondentes aos

tratamentos experimentais. Todo o preparo da calda e aplicação foram realizadas por aplicadores com treinamento NR-31 estando vestidos de todos os EPIs especificados nesta Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho. (BRASIL, 2020 b). (Figura 42).

As roçadas nas áreas experimentais foram realizadas por empresas prestadoras de serviço nas respectivas áreas. Os operários utilizaram de ceifadoras manuais a gasolina e a altura de corte foi entre 5 e 10 cm do solo.

Tabela 05 – Produtos fitoreguladores, doses e época de aplicação que constituíram os tratamentos experimentais

Produto	Dose	Época de aplicação
Imazapir	500 mL.ha ⁻¹	14 dias antes da roçada
Imazapir	700 mL.ha ⁻¹	14 dias antes da roçada
Glifosato	40 mL.ha ⁻¹	14 dias antes da roçada
Glifosato	80 mL.ha ⁻¹	14 dias antes da roçada
Trinexapaque-etílico	600 mL.ha ⁻¹	14 dias após da roçada
Trinexapaque-etílico	800 mL.ha ⁻¹	14 dias após da roçada
Testemunha sem aplicação de fitoreguladores		



Figura 42 – Foto da aplicação dos fitoreguladores nas parcelas experimentais com o aplicador utilizando todos os EPIs, segundo a Norma NR31 do MAPA.

Avaliação do crescimento das plantas

Para avaliação da altura do dossel das gramíneas foi utilizada uma régua graduada de 10 em 10 cm. Esta régua era colocada em posição vertical em 10 pontos por parcela e um avaliador agachado e localizado a um metro de distância fazia leitura da altura da planta (Figura 43). Este é um processo de avaliação que deve ser realizado com algum critério e neste projeto optou-se por emitir notas de 5 em 5 cm segundo a percepção do avaliador. Para cada parcela foi utilizada a média destes 10 pontos amostrais.



Figura 43 – Fotografia da avaliação da altura do dossel de braquiária decumbens. Um dos avaliadores segura a régua em posição vertical e um segundo, agachado, avalia a altura média do dossel próximo à régua.

Tratamento estatístico dos dados de crescimento das plantas: A primeira abordagem estatística foi aplicação de análise de variância pelo teste F para os dados de altura do dossel em cada época de avaliação. Como parte dos tratamentos experimentais constituíram de duas doses de três fitoreguladores entendeu-se que poderia ser abordado como um fatorial 3 x 2 com um outro testemunha sem aplicação de fitoreguladores. Dessa forma, a primeira abordagem foi a aplicação de análise de variância em todos os tratamentos para obtenção do QMR (quadrado médio do resíduo do conjunto de dados) do conjunto de dados. A seguir, foi realizada a análise do fatorial para verificação dos efeitos de produtos, doses e a interação e, depois, foram realizados estudos de contrastes entre a testemunha e cada um dos tratamentos. O valor do F do contraste foi calculado pela fórmula

$$F = \frac{\left(\frac{T1^2}{n} + \frac{TT^2}{n} - \frac{(T1 + TT)^2}{2n}\right)}{\sqrt{QMR}}$$

Onde:

T1 é a soma total de todas as repetições de um tratamento específico

TT é a soma total de todas as repetições do tratamento testemunha

N é o número de repetições por tratamento

QMR é o quadrado médio do resíduo (erro padrão) do conjunto de todos os dados.

Utilizando os dados coletados nas diferentes épocas de amostragem, aplicou-se o modelo sigmoidal de Boltzmann (regressão não linear) (Kuva et al., 2000) para a variação da altura das plantas ao longo do período experimental. O modelo de Boltzmann é representado pela fórmula:

$$y = \frac{A1-A2}{1+e^{\left(\frac{x-x0}{dx}\right)}} + A2$$

Onde:

- A1** valor que indica a altura estimada das plantas no início das avaliações (1º avaliação);
- A2** valor que estima a altura máxima teórica que o dossel pode atingir;
- dx₀** valor que indica o momento no qual ocorre a máxima taxa de crescimento em altura das plantas;
- \bar{x}** é o valor obtido em cada momento amostral;
- dx** valor que indica a velocidade média de ganho em altura nas condições em que foi desenvolvido o experimento

A equação sigmoideal de Boltzmann foi utilizada porque ela prevê um platô superior da altura da planta. Esta é uma condição que ocorre nos dosséis vegetais, pois o crescimento final é limitado pelos recursos do meio, quando a demanda pelas plantas equivale à capacidade do meio em fornecer estes recursos (Kuva et al., 2000). Também, nas condições da estiagem de inverno é esperado que a planta cesse seu crescimento pelo período de restrição hídrica.

Os resultados obtidos nas avaliações de altura do dossel das plantas serão discutidos por rodovia;

Fernão Dias

Os resultados das análises de variância dos dados de alturas dos dosséis de braquiária determinadas no período pré-pandemia (especificamente no período experimental conduzido antes de isolamento sanitário determinado pelas autoridades do país) estão apresentados na Tabela 06 e as médias dos valores de altura das plantas e os respectivos resultados do teste de comparação de médias (Tukey 5%) estão apresentadas na Tabela 07.

Tabela 06 – Resultados das análises de variância dos dados de alturas do dossel da braquiária decumbens em diferentes datas de avaliação na área experimental da Rodovia Fernão Dias no período de pré-pandemia.

Variável	Data da avaliação							
	Jul/19		Nov/19		Jan/20		Mar/20	
	F	P	F	p	F	P	F	p
Tratamento	0,226	0,96	64,760	>0,01*	211,167	>0,01	87,206	>0,01
C.V.	12,57%		8,28%		4,98%		4,83%	

Valores de **p** menores que 0,05 indicam que há diferença significativa entre os tratamentos

Os resultados das análises de variância mostram que não ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos apenas na primeira data de avaliação em julho de 2019, antes da aplicação dos fitoreguladores. Nas demais datas de avaliação houve diferenças significativas entre os tratamentos.

Tabela 07 – Médias das alturas do dossel da braquiária decumbens em diferentes datas de avaliação na área experimental da Rodovia Fernão Dias no período de pré-pandemia e dos respectivos resultados do teste de comparação de médias (Tukey 5%).

Tratamento	Data da avaliação			
	Jul/19	Nov/19	Jan/20	Mar/20
Imazapir 500	10,33 .a*	10,00 .d	16,00 .d	37,00 .b
Imazapir 700	9,33 .a	10,00 .d	13,67 .d	34,33 .b
glifosato 40	9,67 .a	19,67 .b	38,00 .b	65,67 .a
glifosato 80	9,67 .a	20,33 .b	39,67 .b	61,67 .a
Trinexapaque-etílico 600	9,67 .a	17,33 .bc	28,33 .c	66,67 .a
Trinexapaque-etílico 800	9,67 .a	14,67 .c	31,67 .c	66,00 .a
Testemunha	9,33 .a	29,00 .a	49,67 .a	69,00 .a

* médias acompanhadas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si (Tukey 5%)

Os testes de comparação de médias mostraram que em novembro de 2019, os valores observados na testemunha foram significativamente maiores que de todos os demais tratamentos indicando já uma atividade de redução em altura por parte dos fitoreguladores. Os valores observados nas parcelas tratadas com Imazapir, nas duas doses, foram menores que os demais tratamentos. O Trinexapaque-etílico 800 proporcionou alturas das plantas estatisticamente menores que os tratamentos com glifosato. Na Figura 44 é possível observar os efeitos da aplicação do Trinexapaque-etílico na doses de 800 mg.ha⁻¹ sobre a altura do dossel da colonização da braquiária decumbens na avaliação realizada novembro de 2019

Em julho de 2020 os comportamentos estatísticos apresentados pelos tratamentos testemunha e com Imazapir, em ambas, as doses foram os mesmos em relação à avaliação anterior, ou seja, o tratamento testemunha com maior valor de altura em relação aos demais tratamentos e os tratamentos com imazapir, em ambas as doses, com valores estatisticamente menores que todos os demais tratamentos. A diferença no comportamento estatístico dos dados desta avaliação foi que os valores observados nas parcelas tratadas com Trinexapaque-etílico, em ambas as doses, foram menores que aqueles observados para as duas doses de glifosato.



Figura 44 - Aspecto do crescimento do dossel da braquiária decumbens na área experimental da Rodovia Fernão Dias comparando parcela tratada com glifosato 80 mL.ha⁻¹ e com Trinexapaque-etílico 800 mL.ha⁻¹ em novembro de 2020.

Assim, até este ponto das avaliações, a sequência de eficácia na redução do crescimento da braquiária foi maior para o Imazapir, seguido do Trinexapaque-etílico e depois do glifosato. Resultados obtidos em plena estação chuvosa. A seguir, as avaliações tiveram de ser paralisadas devido às restrições devidas à pandemia do COVID 19. Assim, a próxima avaliação foi realizada em julho de 2020 e foi verificado que apenas as parcelas tratadas com imazapir mantinham a redução da altura da braquiária (Figura 45). Este é um comportamento bastante importante. As plantas de braquiária tratadas com imazapir na dose de $700 \text{ mL}\cdot\text{ha}^{-1}$, mantiveram-se com crescimento limitado e verdes, mesmo após um período prolongado sem chuvas. Para maior facilidade e fluidez na redução e leitura do texto, o período de pós-pandemia será utilizado para designar o período após a paralização das atividades determinadas pelos governos estaduais, com a flexibilização das atividades, embora em termos técnicos ainda estivéssemos vivenciando a pandemia.

Um comportamento deve ser destacado quanto ao aspecto visual da forração logo após a roçada. Na dose de $700 \text{ mL}\cdot\text{ha}^{-1}$ houve uma aparente queima da parte basal das plantas (Figura 46) a qual foi recuperada com novas brotações. O efeito visual não é muito diferente daquele observado em uma roçada normal, em que sobra uma quantidade de biomassa seca que fica depositada sobre a forração. Se este aspecto passageiro for limitante para adoção do fitoregulador nesta dose, a opção é utilizar a dosagem de $500 \text{ mL}\cdot\text{ha}^{-1}$ que não proporciona este efeito, como pode ser observado na Figura 47, em experimento realizado na área experimental da Ecosafe. Observa-se que na menor dose, o imazapir proporcionou bom controle de crescimento e não afetou o aspecto da rebrota, mas a resiliência do efeito de redução de crescimento é menor, como será observado na Figura 47.

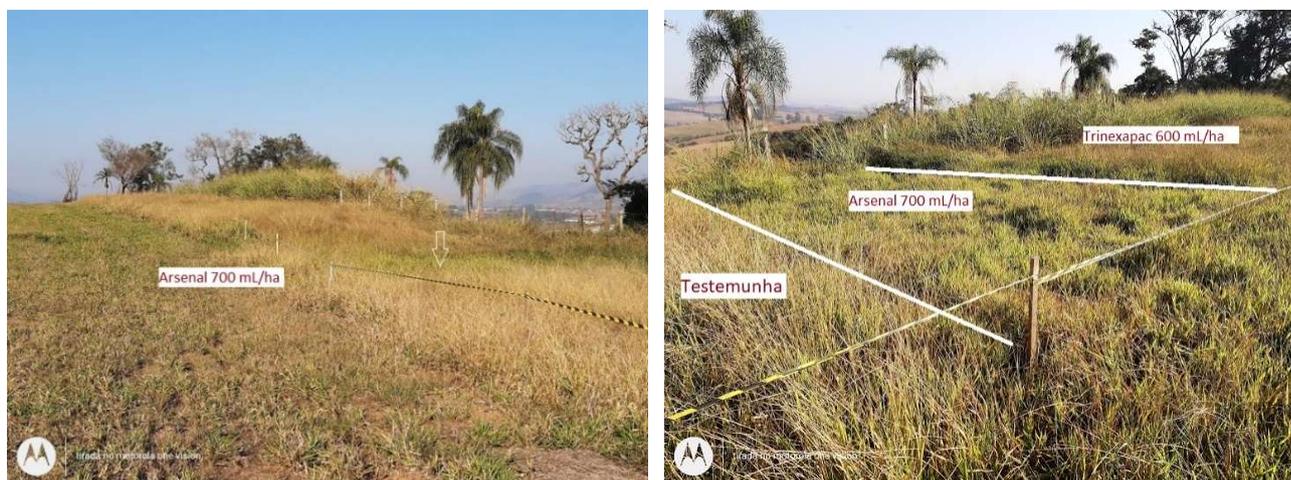


Figura 45 – Foto do dossel de braquiária decumbens sob diferentes tratamentos com fitoregulador em julho de 2020, após um longo período de estiagem



Figura 46 – Foto do aspecto da parcela tratada com Imazapir 700 mL.ha⁻¹ logo após a roçada na área experimental da Fernão Dias.

É muito importante ponderar que desde a avaliação realizada em março até a de julho de 2020, a área passou por um período seco bastante longo e intenso, o que contribuiu para a paralisação do crescimento da braquiária, mas os efeitos conseguidos pelo imazapir sobre a altura das plantas foram mantidos.



Figura 47 – Aspecto da recuperação das plantas de braquiária decumbens aos 14 dias após a roçada em parcelas que receberam imazapir nas doses de 500 e 700 mL.ha⁻¹ aos 7 dias antes do corte.

Na Figura 48 estão graficamente representadas as curvas de regressão das relações entre as extensões do período após o corte e as alturas dos dosséis da braquiária. Na Tabela 08 estão apresentados os respectivos parâmetros das equações sigmoidais e o número de dias estimados para que os dosséis atinjam 30 cm.

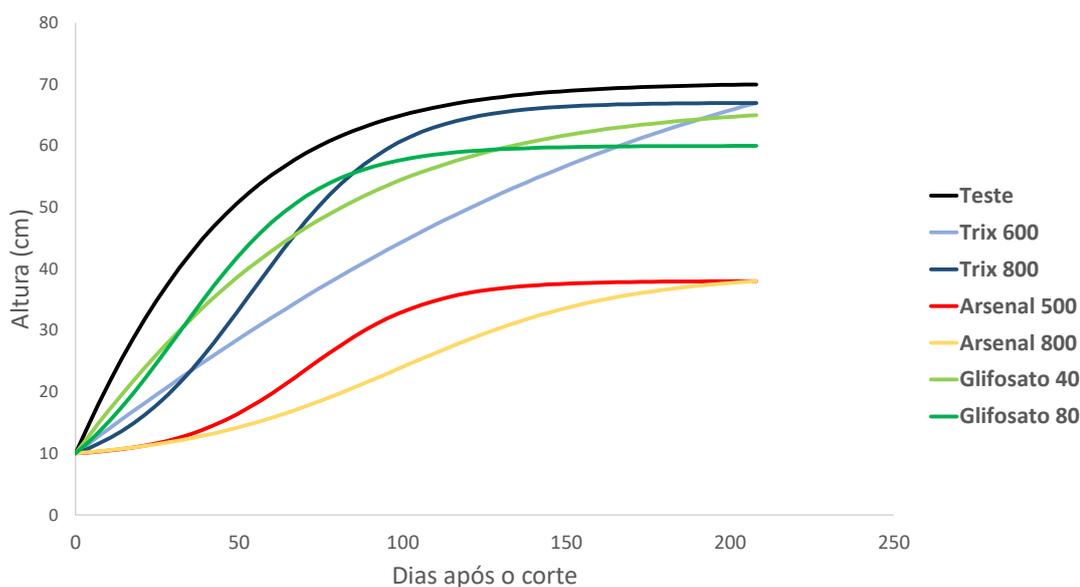


Figura 48 – Representações gráficas das equações sigmoidais relacionando o crescimento da braquiária e a extensão do período após a aplicação, no período pré-pandemia

Quanto ao período estimado para que a altura das plantas atinja 30 cm de altura, determinou-se para a testemunha um período de 21 dias, o que é evidenciado nos resultados observados na prática pelas equipes de manutenção de rodovias no sudeste do Brasil em áreas com predominância de braquiária decumbens.

Nas parcelas tratadas com glifosato o período para atingir 30 cm foi de 31 dias para ambas as doses, para o Trinexapaque-etílico, os períodos foram de 56 dias para 600 mL.ha⁻¹ e 45 dias para 800 mL.ha⁻¹. Para o imazapir os períodos foram de 91 dias para a dose de 500 mL.ha⁻¹ e de 130 dias para 700 mL.ha⁻¹. É bastante importante ressaltar os efeitos do prolongado efeito de estiagem verificado na área.

Tabela 08 – Valores dos parâmetros das equações sigmoidais que se ajustaram aos dados que relacionam as alturas dos dosséis da braquiária com o período após aplicação dos fitoreguladores e o tempo estimado para equação para que as alturas das plantas atinjam 30 cm.

Parâmetro	Imazapir		Glifosato		Trinexapaque-etílico		Teste- munha
	500	700	40	80	600	800	
A1	9,34	8,46	-105,12	-1,25	-98,16	5,67	-143,39
A2	38,02	39,15	67,71	60,01	84,76	67,04	70,27
X0	70,52	98,84	-37,83	31,26	-41,29	53,98	-33,88
Dx	18,84	33,6	53,43	20,96	111,78	20,93	36,2
30 cm	91 dias	130 dias	31 dias	31 dias	56 dias	45 dias	21 dias

Os resultados das análises de variância dos dados de alturas das plantas de braquiária determinadas no período pós-pandemia estão apresentados na Tabela 09 e as médias dos valores de altura das plantas e

os respectivos resultados do teste de comparação de médias (Tukey 5%) estão apresentadas na Tabela 10.

Tabela 09 – Resultados das análises de variância dos dados de alturas do dossel da braquiária decumbens em diferentes datas de avaliação na área experimental da Rodovia Fernão Dias no período de pós-pandemia.

Variável	Data da avaliação					
	Jul/20		Set/20		Out/20	
	F	P	F	P	F	P
Tratamento	0,31	0,92	19,87	>0,01	28,62	>0,01
C.V.	6,61%		6,39%		6,56%	

Valores de **p** menores que 0,05 indicam que há diferença significativa entre os tratamentos

Tabela 10 – Médias das alturas do dossel da braquiária decumbens em diferentes datas de avaliação na área experimental da Rodovia Fernão Dias no período de pós-pandemia e dos respectivos resultados do teste de comparação de médias (Tukey 5%).

Tratamentos	Data da avaliação					
	Jul/20		Set/20		Out/20	
Imazapir 500	19,33	.a	22,33	.d	24,33	.cd
Imazapir 700	19,83	.a	23,00	.d	21,00	.d
Glifosato 40	20,17	.a	30,33	.ab	34,67	.ab
Glifosato 80	20,33	.a	25,00	.cd	29,33	.b
Trinexapaque-etílico 600	19,17	.a	29,33	.b	34,00	.ab
Trinexapaque-etílico 800	19,83	.a	31,00	.ab	34,33	.ab
Testemunha	20,00	.a	34,67	.a	38,33	.ab

Valores de **p** menores que 0,05 indicam que há diferença significativa entre os tratamentos

Os resultados das análises de variância mostraram que na avaliação de julho de 2020 não houve diferença estatisticamente significativa entre tratamentos. Esta avaliação ocorreu logo após a roçada do período de pós-pandemia. Nas demais datas, todas após a aplicação dos fitoreguladores, houveram diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos

Na comparação das médias dos tratamentos, na medição de outubro de 2020, os valores observados na testemunha apenas não foram estatisticamente maiores que as parcelas tratadas com Trinexapaque-etílico nas duas doses e glifosato 40 mL.ha⁻¹. As menores alturas foram observadas nas duas parcelas tratadas com o Imazapir, nas duas doses, e com glifosato 80 ml/ha

Sem dúvida, neste projeto experimental desenvolvido na Rodovia Fernão Dias, o imazapir foi o produto com maior atividade e maior consistência na redução do crescimento da braquiária, tendo este comportamento nos dois períodos, um que se iniciou no período chuvoso com as plantas em plenas

condições de receber os fitoreguladores e o segundo, pós pandemia, com as plantas com condições não adequadas para a aplicação em função de grande parte de sua área foliar estar seca.

Dentre os fatores envolvidos na ação de uma substância aplicada para atuação em algum processo metabólico ou fisiológico da planta, esta deve ser aplicada em veículo adequado (água ou solvente orgânico), na dose adequada para que seja absorvida a quantidade exata que vai produzir o efeito desejado e, mais importante, por ocasião da aplicação, a planta tem que estar em plenas condições fisiológicas para absorver e translocar a substância para os pontos em que este vai exercer sua ação biológica.

A planta estará em plena condição fisiológica para receber, absorver e translocar as substâncias aplicadas quando estiver em plena atividade de crescimento e com área foliar suficientemente ativa, ou seja, em plena atividade fisiológica. Quando as plantas apresentarem expressiva proporção de folhas secas ou de folhas sombreadas pelo dossel superior, a absorção e o movimento sistêmico da substância ficam bastante prejudicados e as respostas fisiológicas ficam aquém da expectativa do propósito de seu uso. No entanto, estas limitações observadas no período pós-pandemia não desabonaram os resultados obtidos nesse experimento, uma vez que, mesmo sob estas condições, o Imazapir mostrou-se como uma opção viável. Além disso, na prática, muitas vezes há necessidade de aplicar um produto e em condições que não são ideais.

Rodovia Régis Bittencourt Km 456 e Km 466

Nas duas áreas da Régis Bittencourt houve comportamentos bastante diversos. Por ocasião da escolha das áreas experimentais estas áreas tinham sofrido roçada rasa, mas foram vislumbradas colonizações de grama-batatais nas duas áreas. Essa planta é muito rasteira e a roçada rasa não a atinge em grande intensidade, recomeça a brotação mais rápido e nestas condições se destaca na vegetação do local. Com o crescimento da comunidade vegetal foram observadas condições diferentes da inicialmente avaliada. No Km 456 (sentido Sul) a predominância na colonização foi de *Urochoa subquadripata* (Figura 49), uma planta que cresce bem em solos úmidos e em sequeiro em solos pouco profundos com camada de impedimento para escoamento da água e nas regiões onde não há estação hídrica definida com é o caso deste trecho da rodovia. Como o período seco, o solo pouco profundo perdeu rapidamente sua umidade e essa planta foi bastante prejudicada em sua fisiologia e entrou em decadência. É uma planta de ambientes úmidos e muito exigente em umidade no solo. Nestas condições não foram verificados efeitos dos tratamentos, pois as plantas não estavam em condições de responder à ação dos fitoreguladores ou esta espécie é pouco sensível aos produtos testados nas doses e épocas em que foram utilizadas.



Figura 49 – Foto da colonização de *Urochloa subquadriflora* na área experimental da Rodovia Régis Bittencourt Km 456

No período pós-pandemia, a concessionária providenciou uma roçada na área, pois as plantas tinham grande parte da área foliar seca. No entanto com a chuva intensa no período que seguiu a roçada, a recuperação do crescimento foi bastante rápida e não houve condições de aplicação na época correta. Assim, antes da aplicação do novo corte, o dossel estava bastante alto, dificultando que o fitoregulador atingisse toda a área foliar (Figura 50). Por ocasião da aplicação do Trinexapaque-etílico (pós-roçada) verificou-se que a área não havia recebido a ceifa, por dificuldades climáticas (muita chuva), mas apareciam sintomas apenas nas parcelas tratadas com Imazapir (Figura 50) e, nesta ocasião foi realizada uma avaliação (Figura 51). Os resultados da avaliação em altura das plantas mostraram que não foi possível detectar efeitos dos tratamentos sobre as plantas de braquiária arrecta na área experimental da Rodovia Régis Bittencourt Km 456.



Figura 50 – Aspectos da aplicação dos fitoreguladores no período pós-pandemia e sintomas de fitointoxicação na parcela tratada com imazapir na dose de 700 mL.ha⁻¹ na área experimental da Rodovia Régis Bittencourt Km 456.

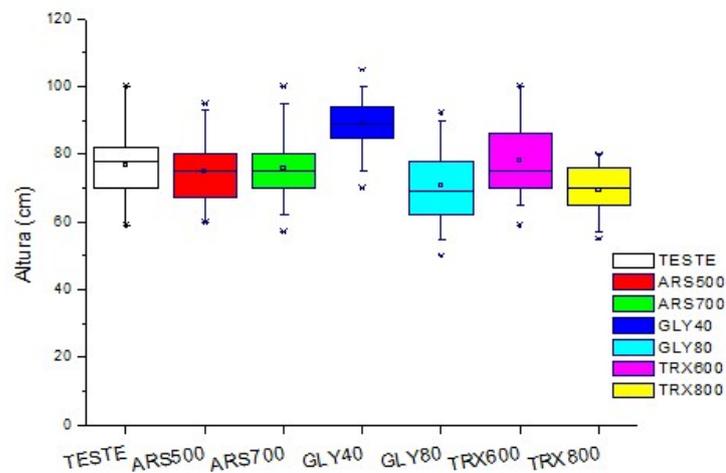


Figura 51 – Representação gráfica da análise tipo “box-chart” dos resultados da avaliação de altura das plantas de *Urochloa subquadriflora* na avaliação realizada em outubro de 2020.

No Km 466 (sentido Norte) a vegetação que emergiu foi uma mescla de braquiária e capim-anoni (Figura 52). No período de estiagem, a braquiária sofreu mais intensamente a deficiência de água e nas avaliações realizadas em julho e agosto o capim-anoni e algumas folhas largas estavam dominando toda a área experimental, independente do tratamento aplicado (Figura 52). Não foram verificadas respostas aos tratamentos nesta mescla de gramíneas. Independente do tratamento a vegetação não se desenvolveu ocorrendo inclusive grande efeito de fitointoxicação sobre o capim-anoni e a vegetação de folhas largas que estavam emergindo (Figura 53). Nessa época, também não foi possível realizar qualquer avaliação, pois não houve o desenvolvimento da comunidade vegetal em virtude do atraso do período de abundância das chuvas e a toxicidade do Imazapir ao capim anoni.



Figura 52 - Aspecto das parcelas da área experimental da Rodovia Régis Bittencourt Km 466 com predominância de uma mescla de capim-anoni e braquiária decumbens.



Figura 53 - Aspecto da área experimental da Rodovia Régis Bittencourt Km 466 mostrando a baixa recuperação da vegetação no período pós-pandemia e inclusive com elevados sintomas de fitointoxicação no capim-anoni e folhas largas emergidas em parcela tratada com imazapir 500 mL.ha⁻¹

02.3. Avaliação da Artropodofauna

A coleta da artropodofauna de superfície do solo foi realizada com a utilização de armadilhas tipo “pitfall” (Figura 54) cada uma solução de água e detergente (5%) para quebra da tensão superficial da água e dificultar que os artrópodes deixassem o frasco.



Figura 54 – Fotos da instalação das armadilhas tipo pitfall para coleta da artropodofauna de superfície nas parcelas experimentais.

Na retirada das armadilhas, os artrópodes foram recolhidos pelo vertimento do conteúdo sobre peneira de plástico e transferidos para frascos com álcool 70% para conservação dos animais. Os frascos com os insetos conservados ficaram armazenados no laboratório até o envio ao entomologista para identificação.

As comunidades de insetos foram agrupadas por tratamento, época e local e analisadas utilizando estatística multivariada por componentes principais e para a comunidade coletada em cada uma destas

unidades foram calculados os índices de diversidade de Shannon-Wiever (H'), os índices de equitabilidade (E') e índices de riqueza indicados pelo número de táxons.

A equação de Shannon-Wiever para cálculo de índice de diversidade é

$$H' = \sum_{1}^{n} De.R * LN(De.R)$$

Onde

De.R. representa a densidade relativa de cada táxon no conjunto de artrópodes coletados

n é o número de táxons coletados,

Para o cálculo do índice de equitabilidade (E') foi realizada a relação entre o índice diversidade obtido para cada comunidade e o índice de diversidade máximo teórico que ocorre quando todas as populações apresentarem o mesmo número de indivíduos.

O estudo da artropodofauna foi conduzido e analisado para as três áreas experimentais conforme a metodologia descrita no respectivo item. Na Tabela 11 estão apresentados os organismos que foram coletados nas três áreas experimentais.

Tabela 11 – Relação aos artrópodes identificados nas áreas durante o decorrer dos experimentos na Fernão Dias e Regis Bittencourt

Táxons	Fernão Dias	Regis Bittencourt	
		Km 456	Km 466
<i>Doru luteispes</i>	--	--	Sim
<i>Acromyrmex spp</i>	Sim	Sim	Sim
<i>Anaxipha sp</i>	Sim	--	--
<i>Atta cephalotes</i>	--	Sim	Sim
<i>Atta sexdens</i>	Sim	Sim	Sim
<i>Calosoma granulatum</i>	Sim	--	Sim
<i>Calosoma sp</i>	Sim	Sim	--
<i>Camponotus spp</i>	Sim	--	--
<i>Conocephalus sp</i>	--	Sim	--
<i>Deois flavopicta</i>	Sim	Sim	
<i>Diloboderus abderus</i>	--	Sim	--
<i>Dilobopterus costalimai</i>	Sim	--	--
<i>Euborellia sp</i>	--	Sim	--
<i>Exomalopsis fulvofasciata</i>	--	Sim	Sim
<i>Gryllus campestres</i>	Sim	--	--
<i>Grylotalpa hexodactyla</i>	--	Sim	--
<i>Gypona sp</i>	--	Sim	--
<i>Lycosa erythrognatha</i>	Sim	Sim	--
<i>Nycterodina sp</i>	Sim	--	--
<i>Orphulella spp</i>	Sim	Sim	--

Táxons	Fernão Dias	Regis Bittencourt	
		Km 456	Km 466
<i>Paralabella</i> sp	--	Sim	Sim
<i>Phidippus</i> sp	--	--	Sim
<i>Phyllophaga</i> sp	--	Sim	Sim
<i>Phyllophaga triticophaga</i>	--	Sim	--
<i>Phyllophaga triticophaga</i>	--	Sim	--
<i>Phytalus sanctipauli</i>	--	--	Sim
<i>Solenopsis geminata</i>	--	Sim	--
<i>Sphemophorus levis</i>	Sim	--	--
<i>Tityus serrilatus</i>	Sim	--	--
<i>Tityus</i> sp	--	--	Sim

Considerando que se trata de um período relativamente longo de observações e de três áreas em duas regiões de bioma e clima diferentes, o número de táxons identificados pode ser considerado baixo. A explicação pode estar contida nas características do ambiente em que foram realizados os experimentos, ou seja, faixas laterais de rodovias com alto trânsito de veículos.

É possível considerar que em uma das laterais da área há uma forte barreira ecológica para o trânsito da artropodofauna que é a rodovia pavimentada. Nesta faixa, os artrópodes ficam expostos a insolação direta, elevadas variações de temperatura, odores de pavimentos e expostos aos predadores. Outro fato que pode contribuir para as baixas riquezas de táxons das áreas estudadas são as áreas lindeiras sujeitas a ações antrópicas como agricultura e pastagens, provavelmente constituindo outra barreira ecológica para a artropodofauna. Outro importante fator que determina o comportamento da artropodofauna é a baixa diversidade vegetal destas faixas de rodovias e elevado distúrbio, regularmente sujeitas a atividades de manejo com roçadas para controle de plantas daninhas e altura da forração. Os vapores e substâncias sólidas expelidas pelos veículos também podem criar um ambiente menos favorável a sobrevivência e reprodução dos artrópodes.

Rodovia Fernão Dias

Na área experimental da rodovia Fernão Dias, os táxons identificados foram *Acromyrmex spp*, *Anaxipha sp*, *Atta sexdens*, *Calosoma granulatum*, *Calosoma sp*, *Camponotus spp*, *Deois flavopicta*, *Dilobopterus costalimai*, *Gryllus campestris*, *Lycosa erythrognatha*, *Nycterodina sp*, *Orphulella spp*, *Sphemophorus levis* e *Tityus serrilatus*. Na Tabela 12 estão apresentados os táxons e números de indivíduos coletados pelos “pitfalls” nas amostragens realizadas nesta área experimental.

Para avaliação do comportamento da comunidade de artrópodes foram aplicadas análises multivariadas por componentes principais, comparando todos os tratamentos com os números obtidos no levantamento e, também, na modalidade binária. Também foram estudados os índices de diversidade de Shannon-Wiever, de equitabilidade e de riqueza de táxons comparando os totais observados para os tratamentos na soma de todas as datas e, também, para a datas de coleta na soma de todos os tratamentos. O resultado obtido para as análises multivariadas comparando todos os tratamentos e

épocas de avaliação mantendo os números de indivíduos por espécies ou na forma binária estão apresentados, respectivamente nas Figuras 56 e 56.

Tabela 12– Relação aos artrópodes identificados nas áreas experimentais da Rodovias Fernão Dias, em Pouso Alegre (MG) Teste = testemunha, TXP600 = trinexapac-etil 600 mg.ha⁻¹, TXP800 = trinexapac-etil 800 mg.ha⁻¹, NÃO500 = imazapir 500 mg.ha⁻¹, NÃO700 = imazapir 700 mg.ha⁻¹, GLP40 = glifosato 40 mg.ha⁻¹ e GLP80 = glifosato 80 mg.ha⁻¹.

Táxons	Teste	TXP 600	TXP 800	NÃO 500	NÃO 700	GLP 40	GLP 80
1ª avaliação							
<i>Acromyrmex spp</i>	4	3	1	0	1	6	3
<i>Anaxipha sp</i>	0	1	0	0	0	2	1
<i>Atta sexdens</i>	1	0	1	0	1	1	0
<i>Calosoma granulatum</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Camponotus spp</i>	1	0	0	2	1	1	0
<i>Deois flavopicta</i>	0	0	0	0	0	3	0
<i>Dilobopterus costalimai</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Gryllus campestris</i>	0	1	3	1	2	0	0
<i>Sphemophorus levis</i>	0	0	0	2	0	0	0
<i>Tityus serrilatus</i>	0	1	0	0	0	0	0
2ª avaliação							
<i>Acromyrmex spp</i>	0	0	1	0	1	0	0
<i>Anaxipha sp</i>	1	0	0	2	0	0	0
<i>Atta sexdens</i>	1	2	1	1	1	1	4
<i>Calosoma sp</i>	0	0	0	0	0	1	0
<i>Camponotus spp</i>	1	0	0	0	0	1	0
<i>Deois flavopicta</i>	0	1	0	0	0	1	0
<i>Dilobopterus costalimai</i>	0	0	0	0	1	0	0
<i>Gryllus campestris</i>	0	1	0	1	0	0	0
<i>Tityus serrilatus</i>	0	1	0	0	0	0	0
3ª avaliação							
<i>Acromyrmex spp</i>	0	1	0	3	1	2	1
<i>Anaxipha sp</i>	0	1	0	0	0	0	0
<i>Atta sexdens</i>	1	1	3	0	1	3	1
<i>Calosoma granulatum</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Calosoma sp</i>	0	0	1	0	1	0	0
<i>Camponotus sp</i>	3	0	0	0	1	0	4
<i>Deois flavopicta</i>	0	1	0	1	0	1	0
<i>Gryllus campestris</i>	1	1	0	0	1	0	0
<i>Lycosa erythrognatha</i>	0	1	0	0	0	0	1
<i>Orphulella spp</i>	0	0	0	1	2	0	0
<i>Sphemophorus levis</i>	0	0	0	0	0	0	1

Táxons	Teste	TXP 600	TXP 800	NÃO 500	NÃO 700	GLP 40	GLP 80
4ª avaliação							
<i>Acromyrmex spp</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Anaxipha sp</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Atta sexdens</i>	0	2	0	0	0	0	2
<i>Camponotus spp</i>	0	0	0	0	0	1	0
<i>Deois flavopicta</i>	0	0	0	1	1	0	0
<i>Gryllus campestris</i>	0	0	0	0	0	0	1
<i>Lycosa erythrognatha</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Orphulella spp</i>	0	1	1	0	0	0	0
<i>Sphemophorus levis</i>	0	0	0	0	0	1	0
<i>Tityus serrilatus</i>	0	0	0	0	0	1	0
5ª avaliação							
<i>Anaxipha sp</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Atta sexdens</i>	1	0	1	0	1	0	2
<i>Camponotus spp</i>	0	1	0	0	0	1	0
<i>Deois flavopicta</i>	2	0	0	1	1	0	0
<i>Dilobopterus costalimai</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Gryllus campestris</i>	0	0	0	0	0	0	1
<i>Orphulella spp</i>	0	1	0	0	0	0	0
<i>Sphemophorus levis</i>	0	0	0	0	0	1	0
<i>Tityus serrilatus</i>	0	1	0	0	1	0	0

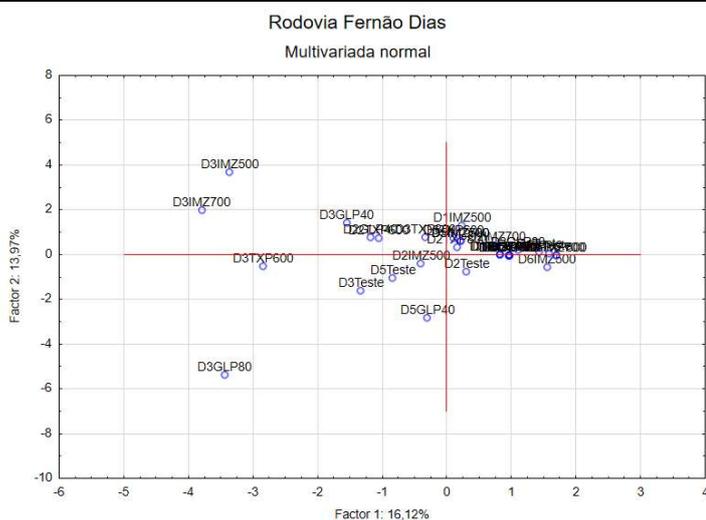


Figura 55 – Representação gráfica da análise de componentes principais comparando as comunidades de artrópodes que foram identificados em todas as épocas de amostragem e tratamentos no experimento conduzido na Rodovia Fernão Dias.

Os resultados mostram que não ocorreram tendências de formação de grupamentos diferenciados nas duas modalidades de análise, destacando-se para fora do aglomerado central apenas estão destacados os relacionados à data da 3ª de avaliação. Esta aparentemente é uma variação sazonal de comunidade

de artrópodes a não há formação de grupamentos diferenciando os tratamentos experimentais. Portanto, não há grupamentos diferenciando a composição e densidade da comunidade de artrópodes que estejam relacionados à aplicação dos fitoreguladores.

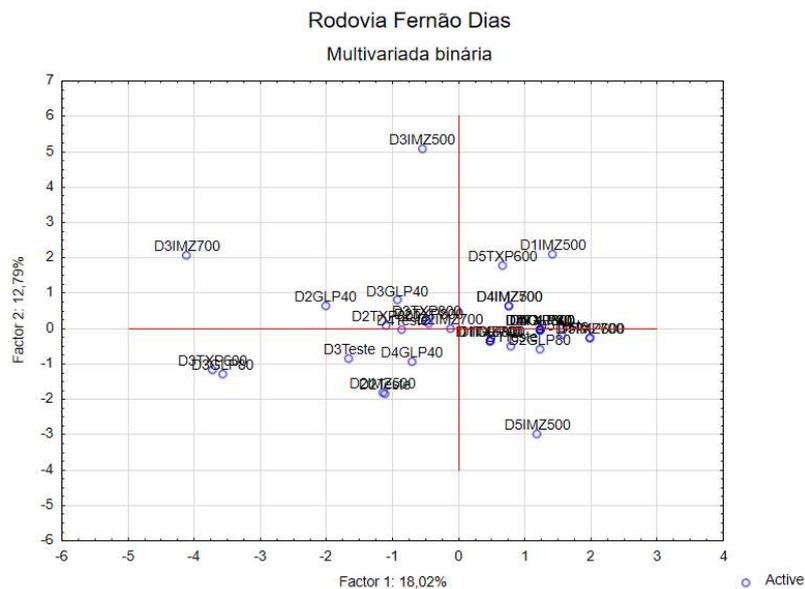


Figura 56– Representação gráfica da análise binária de componentes principais comparando as comunidades de artrópodes que foram identificadas em todas as épocas de amostragem e tratamentos no experimento conduzido na Rodovia Fernão Dias.

Nas Tabelas 13 e 14 estão apresentados os valores determinados para os índices de diversidade de Shannon-Wiever, de equitabilidade e de riqueza de espécies nas comunidades de artrópodes identificadas, respectivamente, nas diferentes épocas de amostragem e nos diferentes tratamentos experimentais. É interessante novamente ressaltar que os valores utilizados nas épocas de amostragem constituem a soma de todos os tratamentos experimentais e os utilizados nos tratamentos experimentais constituem a soma de todas as épocas de amostragem.

Tabela 13 – Valores dos índices de diversidade de Shannon-Wiever, equitabilidade e de riqueza em táxons da comunidade de artrópodes que foi identificada na área da Rodovia Fernão Dias no período experimental em relação a data de amostragem.

Índice	Época de avaliação				
	1ª avaliação	2ª avaliação	3ª avaliação	4ª avaliação	5ª avaliação
H'	1,15	1,81	2,09	1,56	1,61
E'	0,83	0,82	0,87	0,97	1,00
Riqueza	4	9	11	5	5

Os componentes que determinam os valores dos índices de diversidade são: a riqueza de espécies da comunidade e os tamanhos relativos das populações dos táxons presentes. Sem dúvida, o número de táxons foi pequeno, variando de quatro na 1ª avaliação até 11 na 3ª avaliação, o que pode ter condicionado os valores dos índices de similaridade, pois o tamanho relativo das populações foi

bastante equilibrado, inferido pelos elevados valores dos índices de equitabilidade. Observe-se que a menor riqueza de táxons e índice de diversidade foram determinadas 1ª avaliação, ao final de um longo período seco. Os maiores valores foram determinados na 3ª avaliação, em plena estação chuvosa.

Tabela 14 – Valores dos índices de diversidade de Shannon-Wiever, equitabilidade e de riqueza em táxons da comunidade de artrópodes que foi identificada nos diferentes tratamentos experimentais na área da Rodovia Fernão Dias.

Índices	Tratamentos experimentais						
	Teste	TXP 600	TXP 800	NÃO 500	NÃO 700	GLP 40	GLP 80
<i>H'</i>	1,78	1,98	0,80	1,97	2,10	1,63	1,52
<i>E'</i>	0,91	0,95	0,72	0,95	0,95	0,91	0,85
Riqueza	7	8	3	8	9	6	6

Quando são analisadas as comunidades de artrópodes nos tratamentos experimentais observam-se valores relativamente baixos para os índices de diversidade, mas elevados para os índices de equitabilidade, demonstrando novamente que a riqueza de táxons influenciou mais os valores deste índice do que a tamanho relativo das populações. No tratamento com trinexapaque-etílico na dose de 800 mL.ha⁻¹, houve uma menor riqueza de espécies, não havendo subsídios para atribuir este resultado ao fitoregulador sem que sejam avaliadas as outras áreas.

Rodovia Regis Bittencourt Km 456

Na área experimental da Rodovia Regis Bittencourt Km 456, os táxons de artrópodes identificados foram *Acromyrmex* spp, *Atta cephalotes*, *Atta sexdens*, *Calosoma* sp, *Conocephalus* sp, *Deois flavopicta*, *Diloboderus abderus*, *Euborellia* sp, *Exomalopsis fulvofasciata*, *Grylotalpa hexodactyla*, *Gypona* sp, *Lycosa erythrognatha*, *Orphulella* spp, *Paralabella* sp, *Phyllophaga* sp, *Phyllophaga triticophaga* e *Solenopsis geminata*. Na Tabela 15 estão apresentados os táxons e números de indivíduos coletados pelos “pitfalls” nas amostragens realizadas nesta área experimental. Em relação à área da Rodovia Fernão Dias, a artropodofauna da Rodovia Regis Bittencourt Km 456 apresentou maior riqueza, mas também está relacionada aos mesmos problemas atribuídos às barreiras ecológicas, os distúrbios e a pequena diversidade vegetal.

Tabela 15 – Relação aos artrópodes identificados nas áreas experimentais da Rodovia Regis Bittencourt Km 456. Teste = testemunha, TXP600 = trinexapac-etil 600 mg.ha⁻¹, TXP800 = trinexapac-etil 800 mg.ha⁻¹, NÃO500 = imazapir 500 mg.ha⁻¹, NÃO700 = imazapir 700 mg.ha⁻¹, GLP40 = glifosato 40 mg.ha⁻¹ e GLP80 = glifosato 80 mg.ha⁻¹.

Táxons	Teste	TXP 600	TXP 800	NÃO 500	NÃO 700	GLP 40	GLP 80
		1ª avaliação					
<i>Acromyrmex</i> spp	8	7	2	11	3	1	1
<i>Atta cephalotes</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Atta sexdens</i>	2	1	1	1	1	1	3
<i>Calosoma</i> sp	1	0	1	0	0	0	0

Táxons	Teste	TXP 600	TXP 800	NÃO 500	NÃO 700	GLP 40	GLP 80
<i>Conocephalus sp</i>	0	0	1	0	1	0	0
1ª avaliação							
<i>Diloboderus abderus</i>	1	3	1	4	0	1	1
<i>Exomalopsis fulvofasciata</i>	0	0	0	0	0	1	0
<i>Gypona sp</i>	0	0	0	1	1	0	0
<i>Lycosa erythrognatha</i>	0	0	0	0	1	0	0
<i>Orphulella spp</i>	1	0	0	1	1	0	0
<i>Phyllophaga sp</i>	2	1	0	1	2	1	1
<i>Phyllophaga triticophaga</i>	1	0	1	0	0	2	1
<i>Solenopsis geminata</i>	2	0	4	0	1	1	0
2ª avaliação							
<i>Acromyrmex spp</i>	0	0	0	1	2	0	1
<i>Atta cephalotes</i>	1	2	3	0	1	0	1
<i>Atta sexdens</i>	0	1	0	1	0	1	1
<i>Conocephalus sp</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Deois flavopicta</i>	0	0	0	0	0	1	0
<i>Diloboderus abderus</i>	2	1	1	0	2	0	0
<i>Euborellia sp</i>	0	0	0	0	1	0	0
<i>Lycosa erythrognatha</i>	1	0	1	0	0	0	1
<i>Orphulella spp</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Paralabella sp</i>	0	0	0	0	0	1	0
<i>Phyllophaga sp</i>	2	3	3	1	1	1	1
<i>Phyllophaga triticophaga</i>	2	0	0	1	0	3	2
<i>Solenopsis geminata</i>	1	1	1	1	0	0	0
2ª avaliação							
<i>Acromyrmex spp</i>	0	0	0	0	1	0	0
<i>Atta cephalotes</i>	2	0	0	1	0	0	0
<i>Atta sexdens</i>	0	1	0	0	1	0	0
<i>Calosoma sp</i>	0	1	0	0	0	0	0
<i>Diloboderus abderus</i>	0	0	0	0	1	0	1
<i>Euborellia sp</i>	0	0	1	0	0	0	0
<i>Grylotalpa hexodactyla</i>	0	1	0	0	0	0	0
<i>Lycosa erythrognatha</i>	0	0	1	0	1	0	0
<i>Phyllophaga sp</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Solenopsis geminata</i>	1	0	1	0	1	0	0
4ª avaliação							
<i>Acromyrmex spp</i>	0	0	0	0	0	1	0
<i>Atta sexdens</i>	1	1	2	0	1	0	0
<i>Calosoma sp</i>	2	1	0	1	0	0	0
<i>Conocephalus sp</i>	0	0	0	0	0	1	0

Táxons	Teste	TXP 600	TXP 800	NÃO 500	NÃO 700	GLP 40	GLP 80
<i>Deois flavopicta</i>	0	0	0	0	0	0	1
<i>Diloboderus abderus</i>	0	1	0	3	1	0	0
<i>Euborellia sp</i>	0	0	0	1	0	1	0
<i>Exomalopsis fulvofasciata</i>	0	0	0	1	0	0	1
<i>Grylotalpa hexodactyla</i>	0	0	0	0	1	0	0
<i>Lycosa erythrognatha</i>	0	0	1	0	1	0	0
<i>Orphulella spp</i>	0	0	0	0	0	0	1
<i>Paralabella sp</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Phyllophaga sp</i>	0	1	1	0	0	0	1
<i>Phyllophaga triticophaga</i>	0	0	0	0	1	0	0
<i>Solenopsis geminata</i>	3	1	0	2	0	1	0
5ª avaliação							
<i>Acromyrmex spp</i>	0	0	0	0	1	0	0
<i>Atta cephalotes</i>	2	0	0	1	1	0	0
<i>Atta sexdens</i>	0	1	0	0	1	0	0
<i>Calosoma sp</i>	0	1	0	0	0	0	0
<i>Diloboderus abderus</i>	0	0	0	0	1	0	1
<i>Euborellia sp</i>	0	0	1	0	0	0	0
<i>Grylotalpa hexodactyla</i>	0	1	0	0	0	0	0
<i>Lycosa erythrognatha</i>	0	0	1	0	1	0	0
<i>Phyllophaga sp</i>	1	1	0	0	0	0	0
<i>Solenopsis geminata</i>	1	0	1	0	1	0	0

Para avaliação do comportamento da comunidade de artrópodes identificada na Rodovia Régis Bittencourt Km 456 foram aplicadas análises multivariadas por componentes principais comparando todos os tratamentos com os números obtidos em cada levantamento e na modalidade binária. Também foram estudados os índices de diversidade de Shannon-Wiever, de equitabilidade e de riqueza de táxons comparando os totais observados para os tratamentos na soma de todas as datas e, também, para as datas de coleta na soma de todos os tratamentos. O resultado obtido para as análises multivariadas comparando todos os tratamentos e épocas de avaliação mantendo os números de indivíduos por espécies ou na forma binária estão apresentados nas Figuras 57 e 58.

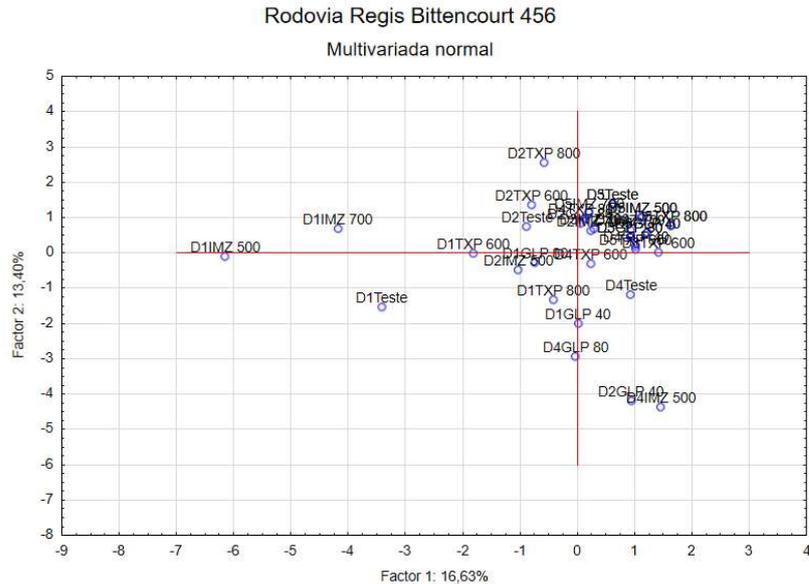


Figura 57 – Representação gráfica da análise de componentes principais comparando as comunidades de artrópodes que foram identificados em todas as épocas de amostragem e tratamentos no experimento conduzido na Rodovia Régis Bittencourt Km 456.

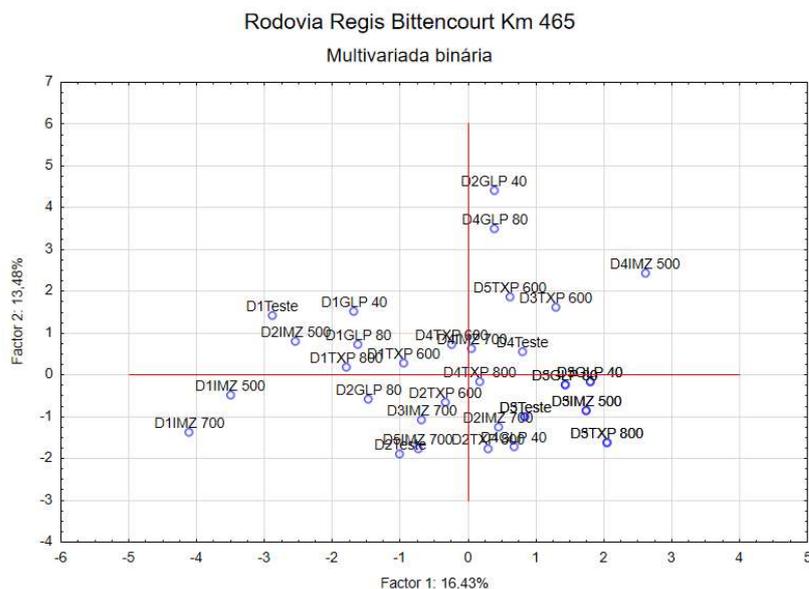


Figura 58 – Representação gráfica da análise binária de componentes principais comparando as comunidades de artrópodes que foram identificados em todas as épocas de amostragem e tratamentos no experimento conduzido na Rodovia Régis Bittencourt Km 456.

A exemplo do que ocorreu na Rodovia Fernão Dias, a análise multivariada na Rodovia Régis Bittencourt Km 456 não indicou a formação de nenhum grupamento específico, ocorrendo alguma diferenciação pontual relativa às épocas de coleta, podendo ser observado tanto na análise com os dados populacionais como na análise binária. Realmente na comparação entre as comunidades de artrópodes

dos diferentes tratamentos experimentais não foi observada qualquer tendência de formação de agrupamentos relacionados aos tratamentos experimentais.

Nas Tabelas 16 e 17 estão apresentados os valores determinados para os índices de diversidade de Shannon-Wiever, de equitabilidade e de riqueza de espécies nas comunidades de artrópodes identificadas, respectivamente, nas diferentes épocas de amostragem e dos tratamentos experimentais na Rodovia Regis Bittencourt Km 456. É interessante novamente ressaltar que os valores utilizados nas épocas de amostragem constituem a soma de todos os tratamentos experimentais e os utilizados nos tratamentos experimentais constituem a soma de todas as épocas de amostragem.

Tabela 16 – Valores dos índices de diversidade de Shannon-Wiever, equitabilidade e de riqueza em táxons da comunidade de artrópodes que foi identificada na área da Rodovia Regis Bittencourt Km 456 no período experimental em relação às datas de amostragem.

Índices	Época de amostragem				
	1ª avaliação	2ª avaliação	3ª avaliação	4ª avaliação	5ª avaliação
H'	1,89	2,27	2,41	2,22	1,83
E'	0,79	0,88	0,89	0,96	0,80
Riqueza	11	13	15	10	10

Tabela 17 – Valores dos índices de diversidade de Shannon-Wiever, equitabilidade e de riqueza em táxons da comunidade de artrópodes que foi identificada nos diferentes tratamentos experimentais na área da Rodovia Regis Bittencourt Km 456

Índices	Tratamentos experimentais						
	Teste	TXP 600	TXP 800	NÃO 500	NÃO 700	GLP 40	GLP 80
H'	1,97	1,75	2,06	1,98	2,27	2,14	1,98
E'	0,90	0,90	0,89	0,80	0,91	0,97	0,95
Riqueza	9	7	10	12	12	9	8

Nesta área da Rodovia Regis Bittencourt Km 456 os valores dos índices de diversidade foram maiores em relação à Rodovia Fernão Dias, em função da maior riqueza de táxons e valores elevados dos índices de equitabilidade, tanto para as épocas de amostragem como para os tratamentos experimentais. É interessante observar os valores foram similares para os tratamentos experimentais, inclusive sendo elevados para o tratamento com trinexapaque-etílico (800 mL.ha⁻¹), o que reforça que provavelmente o resultado observado na Rodovia Fernão Dias seja aleatório.

Rodovia Regis Bittencourt Km 466

Na área experimental da Rodovia Regis Bittencourt Km 466, os táxons identificados foram *Doru luteipes*, *Acromyrmex* spp, *Atta cephalotes*, *Atta sexdens*, *Calosoma granulatum*, *Exomalopsis fulvofasciata*, *Paralabella* sp, *Phidippus* sp, *Phyllophaga* sp e *Tityus* sp. Na Tabela 18 estão apresentados os táxons e números de indivíduos coletados pelos “pitfalls” nas amostragens realizadas nesta área experimental.

Tabela 18 – Relação aos artrópodes identificados nas áreas experimentais da Rodovia Régis Bittencourt Km 466. Teste = testemunha, TXP600 = trinexapac-etil 600 mg.ha⁻¹, TXP800 = trinexapac-etil 800 mg.ha⁻¹, NÃO500 = imazapir 500 mg.ha⁻¹, NÃO700 = imazapir 700 mg.ha⁻¹, GLP40 = glifosato 40 mg.ha⁻¹ e GLP80 = glifosato 80 mg.ha⁻¹.

Táxons	Tratamentos experimentais						
	Teste	TXP 600	TXP 800	NÃO 500	NÃO 700	GLP 40	GLP 80
1ª avaliação							
<i>Acromyrmex spp</i>	5	2	12	3	2	1	1
<i>Atta cephalotes</i>	0	0	0	0	0	1	0
<i>Atta sexdens</i>	2	1	0	0	0	0	1
<i>Calosoma granulatum</i>	2	1	3	1	1	1	1
<i>Paralabella sp</i>	0	1	0	0	0	0	0
<i>Phyllophaga sp</i>	1	2	2	0	1	1	1
<i>Tityus sp</i>	0	0	0	1	0	0	0
2ª avaliação							
<i>Doru luteispes</i>	1	0	0	1	0	0	1
<i>Acromyrmex spp</i>	1	0	0	0	1	1	0
<i>Atta sexdens</i>	0	0	0	0	1	0	0
<i>Calosoma granulatum</i>	1	0	1	1	1	0	0
<i>Exomalopsis fulvofasciata</i>	0	0	1	0	0	0	0
<i>Phidippus sp</i>	0	1	0	0	0	0	0
<i>Phyllophaga sp</i>	1	1	0	0	0	0	1
3ª avaliação							
<i>Atta cephalotes</i>	1	0	0	0	1	0	0
<i>Atta sexdens</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Paralabella sp</i>	1	0	0	1	0	0	0
<i>Phidippus sp</i>	0	0	0	0	0	1	0
<i>Phyllophaga sp</i>	0	1	0	0	0	0	0
<i>Tityus sp</i>	0	1	1	0	1	0	1
4ª avaliação							
<i>Doru luteispes</i>	1	1	1	0	1	2	0
<i>Acromyrmex spp</i>	0	1	1	0	1	0	0
<i>Atta sexdens</i>	2	1	0	3	0	0	2
<i>Calosoma granulatum</i>	0	2	1	1	1	1	1
<i>Phyllophaga sp</i>	1	2	0	1	1	0	0
<i>Tityus sp</i>	0	0	0	1	0	0	0
5ª avaliação							
<i>Acromyrmex spp</i>	5	2	12	3	2	1	1
<i>Atta cephalotes</i>	0	0	0	0	0	1	0
<i>Atta sexdens</i>	2	1	0	0	0	0	1
<i>Calosoma granulatum</i>	2	1	3	1	1	1	1

Táxons	Tratamentos experimentais						
	Teste	TXP 600	TXP 800	NÃO 500	NÃO 700	GLP 40	GLP 80
<i>Paralabella sp</i>	0	1	0	0	0	0	0
<i>Phyllophaga sp</i>	1	2	2	0	1	1	1
<i>Tityus sp</i>	0	0	0	1	0	0	0

Para avaliação do comportamento da comunidade de artrópodes identificadas Rodovia Regis Bittencourt Km 466 foram aplicadas análises multivariadas comparando todos os tratamentos com todos os números obtidos no levantamento e na modalidade binária. Também foram estudados os índices de diversidade de Shannon-Wiever, de equitabilidade e de riqueza de táxons comparando os totais observados para os tratamentos na soma de todas as datas e , também, para a datas de coleta na soma de todos os tratamentos. O resultado obtido para as análises multivariadas comparando todos os tratamentos e épocas de avaliação mantendo os números de indivíduos por espécies ou na forma binária estão apresentados nas Figuras 59 e 60.

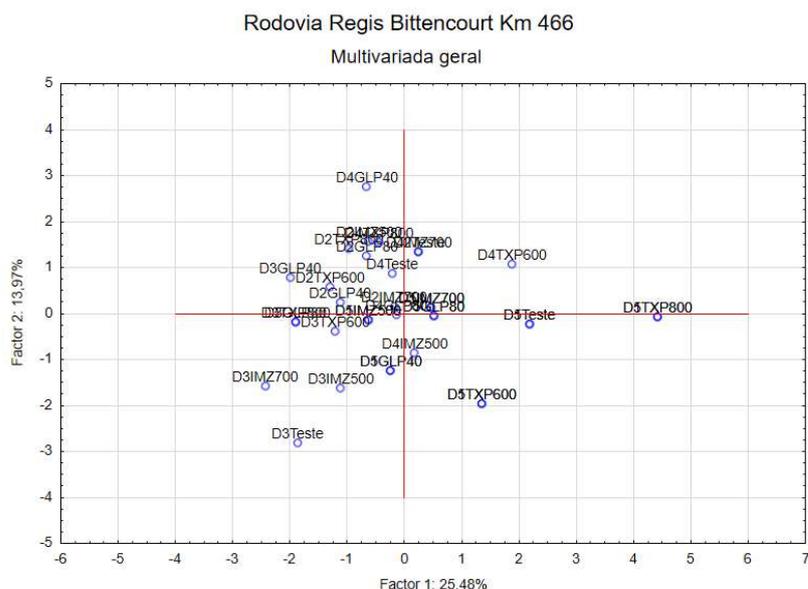


Figura 59 – Representação gráfica da análise de componentes principais comparando as comunidades de artrópodes que foram identificados em todas as épocas de amostragem e tratamentos no experimento conduzido na Rodovia Regis Bittencourt Km 466.

Tabela 20 – Valores dos índices de diversidade de Shannon-Wiever, equitabilidade e de riqueza em táxons da comunidade de artrópodes que foi identificada nos diferentes tratamentos experimentais na área da Rodovia Régis Bittencourt Km 466.

Índices	Tratamentos experimentais						
	Teste	TXP 600	TXP 800	NÃO 500	NÃO 700	GLP 40	GLP 80
H'	1,66	1,82	1,12	1,74	1,68	1,74	1,67
E'	0,86	0,88	0,63	0,89	0,86	0,97	0,93
Riqueza	7	8	6	7	7	6	6

Esta área da Rodovia Régis Bittencourt Km 466 em especial foi bastante problemática em termos de comportamento da vegetação, pois no período experimental sofreu uma alteração de flora em função do período seco prolongado, com a predominância da gramínea exótica invasora capim-anoni (*Eragrotis plana*), o que pode ter influenciado a artropodofauna.

É muito importante frisar que as comunidades de artrópodes nas margens das rodovias nas três áreas experimentais apresentaram baixos valores de diversidade em função das baixas riquezas de táxons, embora o equilíbrio entre os tamanhos populacionais fosse maior. As riquezas de táxons nestas áreas podem ser consideradas baixos quando comparado a outros ambientes não agrícolas e as principais explicações estão relacionadas às situações específicas destes ambientes de margens de rodovias, com barreiras ecológicas pela estrada pavimentada e movimentada e pelos lindeiros, pela baixa diversidade vegetal mantida pela concessionária por meio dos distúrbios frequentes para controle de plantas daninhas e manutenção da altura dos gramados.

02.4. Atividade heterotrófica global do solo.

Para as avaliações das atividades heterotróficas globais (respiração edáfica), as incubações das amostras dos solos deveriam ocorrer em umidades consideradas ótimas para cada local. Esta umidade reflete o estado em que os macroporos estejam livre para a circulação do ar e haja umidade para a atividade microbiana. A recomendação é que se incube o solo em umidade entre 50% e 70% do poder de embebição. A umidade escolhida para condução das avaliações deste experimento foi de 60% do poder de embebição para os solos dos três locais de experimentação.

Determinação do poder de embebição do solo. O poder de embebição reflete a quantidade de água retida nos microporos do solo, quando toda água que ocupava os macroporos tenha se escoado pela gravidade. Nesta condição, há água disponível para a atividade microbiana e condições de circulação do ar pelos espaços entre unidades texturais e estruturais do solo.

Neste projeto de pesquisa, o poder de embebição do solo foi determinado pelo método gravimétrico, conforme utilizado por GARCIA (1978). Para tanto, copos de plástico com capacidade volumétrica de 40 mL foram perfurados no fundo e receberam papéis de filtro umedecidos para bloquear saída da terra pelos orifícios produzidos. Em seguida, os conjuntos de copos plásticos mais papéis úmidos foram pesados em balança de precisão de 0,01g, gerando um valor designado por P1.

Na etapa seguinte foram colocados 25g da TFSA em cada um dos copinhos que, em seguida, foram colocados em bandejas plásticas com água até o nível de dois terços da altura da TFSA no copinho e foram mantidos nessa condição por um período de 12 horas para a completa embebição das amostras de solo. Após este período os copinhos foram retirados da água, cobertos com lâminas de alumínio para evitar a evaporação da água de superfície e colocados sobre uma tela plástica por mais 12 horas para que ocorresse o escoamento da água gravitacional presente nos macroporos.

Depois deste período, os copinhos foram novamente pesados, obtendo um valor que inclui os pesos do copinho, do papel úmido, das 25 g de TFSA e da água retida nos microporos, gerando um peso designado por P2.

De posse destes valores, o poder de embebição do solo (PE) foi calculado pela fórmula:

$$PE = \frac{[P2 - (P1 + 25)]}{25} * 100$$

Onde:

PE = Poder de embebição (%)

P1 = peso do copinho + papel filtro umedecido

P2 = peso do copinho + papel filtro umedecido + peso solo seco + peso da água retida.

A atividade heterotrófica global do solo é representada pelo balanço entre o gás carbônico produzido pelos organismos presentes e o consumido pela atividade fotossintética das algas presentes. No entanto, neste tipo de avaliação em que as amostras de solo são coletadas, secas, peneiradas e incubadas no escuro, a atividade heterotrófica reflete apenas a atividade respiratória dos microrganismos presentes. No entanto, este tipo modelo de medição é considerado como uma forma recomendada para avaliação de impacto ambiental de atividades antrópicas (VALENTINI et al., 2015).

O procedimento de avaliação foi adaptado do método proposto por Vance et al. (1987), citado em Machado et al. (1999). Nestas avaliações foram utilizados potes de vidro transparente, de boca larga, tampa rosqueada e capacidade de 3,0 L. Em cada pote plástico foram colocadas 200 g TFSA. A adição de água foi ajustada para 60% do poder de embebição de cada solo por meio de pesagem, ajustando o peso do conjunto frasco + TFSA + quantidade de água para atingir 60% do poder de embebição do solo. Como branco foram utilizados frascos sem adição de solo. O termo branco, neste processo, é utilizado para quantificar o CO₂ presente no ar, sem qualquer atividade microbiana, sem solo.

A seguir, em cada frasco de vidro foram acomodados acima do solo dois copinhos de plástico de 40 mL. Um dos copinhos continha 20 mL de água destilada para que a atmosfera do interior do frasco fosse mantida úmida. No outro copinho foi colocado 20 mL de NaOH 1M para retenção do CO₂ liberado. Após a introdução destes dois copinhos, o frasco de vidro foi hermeticamente vedado com filme de plástico e colocada a tampa bastante apertada para impedir a entrada e saída de ar. Os frascos foram incubados por 48 horas em sala climatizada (25°C±2°C) em ausência de luz.

Ao final do período de incubação, o NaOH foi transferido para um béquer de 50 mL e adicionado de 5 mL de solução aquosa de BaCl₂ para a precipitação do Na₂CO₃ formado. Em seguida foram adicionadas de duas a três gotas de solução aquosa de fenolftaleína como indicador do ponto de viragem e procedeu-se a titulação com HCl 0,65N.

De posse dos resultados, a fórmula utilizada para a determinação da quantidade de CO₂ capturado pela solução foi:

$$C = \frac{(B - V) * N * E}{Q}$$

Onde: C = mg de CO₂ liberado por quilograma de solo

B = volume de HCL gasto na titulação do frasco branco

V = volume de HCL gasto na titulação das amostras expostas ao solo

N = normalidade do HCL (0,65 N)

E = equivalente grama do C (6 g)

Q = quantidade de solo utilizada em cada vidro (0,2 kg)

A atividade heterotrófica global do solo indica a soma da respiração de todos os organismos presentes no solo, uma vez que sua medida é realizada no escuro, não dando oportunidade para atividade fotossintética dos autotróficos do solo. Considerando que o solo foi retirado do local e peneirado, a atividade heterotrófica global, na forma em que foi processada, retrata a atividade respiratória dos microrganismos presentes na amostra.

Rodovia Fernão Dias

Os resultados observados nos estudos de atividade heterotrófica global do solo de amostras de solo coletadas na área experimental da Rodovia Fernão Dias estão apresentados nas Tabela 21 e 22.

Os resultados da análise de variância dos dados da atividade heterotrófica global dos solos coletados na área experimental da Rodovia Fernão Dias indicam que não houve efeitos significativos das variáveis fitoreguladores, dose e da interação destes dois fatores na atividade heterotrófica global do solo em nenhuma das épocas de amostragem.

As análises de contrastes para comparação entre as médias de cada tratamento e as médias da testemunha não indicaram diferenças significativas em qualquer época de avaliação, permitindo inferir que as aplicações dos fitoreguladores não afetam de modo diferencial a atividade da comunidade microbiana do solo.

Tabela 21 – Valores médios dos dados de evolução de gás carbônico nas amostras de solo coletadas na área experimental da Rodovia Fernão Dias.

Fator de variação	1ª avaliação		2ª avaliação	
	F	P	F	P
Tratamentos	0,61	0,62	1,30	0,31*
Fitoreguladores	0,81	0,47	1,03	0,39
Dose	0,09	0,77	1,08	0,32
Interação F x D	0,21	0,82	2,04	0,17
C.V.(%)	41,06%		28,55%	
Evolução de CO ₂ (mg/Kg/48h)				
Imazapir 500	34,33	.ns	32,33	.ns**
Imazapir 700	44,67	.ns	34,00	.ns
Glifosato 40	36,67	.ns	49,00	.ns
Glifosato 80	37,33	.ns	32,33	.ns
Trinexapaque-etílico 600	48,67	.ns	35,67	.ns
Trinexapaque-etílico 800	50,67	.ns	37,33	.ns
Testemunha	44,67		39,67	

* Valores inferiores a 0,05 indicam que houve efeitos significativos ao nível de 5% de probabilidade dentro da variável considerada.** ns, significa que não houve diferença estatisticamente significativa no contraste comparando as médias do tratamento e da testemunha.

Tabela 22 – Valores médios dos dados de evolução de gás carbônico nas amostras de solo coletadas na área experimental da Rodovia Fernão Dias. (continuação)

Fator de variação	3ª avaliação		4ª avaliação		5ª avaliação	
	F	p	F	P	F	p
Tratamentos	1,47	0,26	10,99	0,36	0,75	0,54*
Fitoreguladores	2,64	0,11	12,17	0,32	0,05	0,95
Dose	0,41	0,53	0,50	0,01	0,28	0,61
Interação F x D	0,29	0,75	21,17	0,56	0,21	0,82
C.V.(%)	25,36		30,28		56,26%	
Evolução de CO ₂ (mg/Kg/48h)						
Imazapir 500	49,67	.ns**	11,00	.ns	3,33	.ns
Imazapir 700	49,67	.ns	9,00	.ns	5,00	.ns
Glifosato 40	68,33	.ns	9,33	.ns	4,67	.ns
Glifosato 80	67,00	.ns	14,00	.ns	4,33	.ns
Trinexapaque-etílico 600	63,67	.ns	13,67	.ns	4,33	.ns
Trinexapaque-etílico 800	52,67	.ns	12,00	.ns	5,00	.ns
Testemunha	60,00		9,67		2,33	

* Valores inferiores a 0,05 indicam que houve efeitos significativos ao nível de 5% de probabilidade dentro da variável considerada.** ns, significa que não houve diferença estatisticamente significativa no contraste comparando as médias do tratamento e da testemunha.

Rodovia Regis Bittencourt Km 456

Os resultados observados nos estudos de atividade heterotrófica global das amostras de solo coletadas na área experimental da Rodovia Regis Bittencourt Km 456 estão apresentados nas Tabelas 23 e 24

Tabela 23 – Valores médios dos dados de evolução de gás carbônico nas amostras de solo coletadas na área experimental da Rodovia Regis Bittencourt Km 456.

Fator de variação	1ª avaliação		2ª avaliação	
	F	P	F	P
Tratamentos	0,99	0,422	0,29	0,835
Fitoreguladores	1,12	0,357	0,45	0,647
Dose	0,69	0,422	0,24	0,630
Interação F x D	0,30	0,749	6,72	0,011
C.V.(%)	68,48%		56,86%	
Evolução de CO₂ (mg/Kg/48h)				
Imazapir 500	31,00	.ns	46,00	.ns
Imazapir 700	27,00	.ns	58,00	.ns
Glifosato 40	37,67	.ns	33,33	.ns
Glifosato 80	33,67	.ns	93,00	.#
Trinexapaque-etílico 600	67,00	.#	92,33	.#
Trinexapaque-etílico 800	40,33	.ns	39,33	.ns
Testemunha	33,00		49,33	

* Valores inferiores a 0,05 indicam que houve efeitos significativos ao nível de 5% de probabilidade dentro da variável considerada. ** ns, significa que não houve diferença estatisticamente significativa no contraste comparando as médias do tratamento e da testemunha e # significa que a diferença foi significativa.

Os resultados da análise de variância dos dados dos solos coletados na área experimental da Rodovia Regis Bittencourt Km 456 mostram que não houve efeitos significativos das variáveis fitoreguladores, dose e da interação destes dois fatores em nenhuma das épocas de amostragem.

Nas análises dos contrastes foram obtidos alguns resultados significativos quanto aos valores médios da atividade heterotrófica global do solo. Na 1ª avaliação, a evolução de CO₂ nas amostras de solo coletados no tratamento que recebeu Trinexapaque-etílico na dose de 600 mL.ha⁻¹ foi estatisticamente superior ao valor obtido para a testemunha. Na 2ª avaliação, os valores médios observados nos tratamentos com glifosato 80 mL.ha⁻¹ e com Trinexapaque-etílico 600 mL.ha⁻¹ apresentaram evolução de CO₂ superior ao tratamento testemunha.

Tabela 24 – Valores médios dos dados de evolução de gás carbônico nas amostras de solo coletadas na área experimental da Rodovia Régis Bittencourt Km 456. (continuação)

	3ª avaliação		4ª avaliação		5ª avaliação	
	F	p	F	P	F	P
Tratamentos	0,66	0,590*	0,58	0,638	1,10	0,376
Fitoreguladores	0,85	0,451	0,54	0,595	0,20	0,818
Dose	0,00	1,000	2,53	0,138	2,46	0,143
Interação F x D	0,51	0,611	0,95	0,412	0,96	0,411
C.V.(%)	38,17%		56,59%		37,08%	
Evolução de CO₂ (mg/Kg/48h)						
Imazapir 500	38,00	#	58,33	#	29,67	#
Imazapir 700	51,33	Ns	30,67	Ns	28,33	#
Glifosato 40	54,00	Ns	30,33	Ns	22,33	#
Glifosato 80	54,67	Ns	34,00	Ns	40,33	Ns
Trinexapaque-etílico 600	56,67	Ns	54,67	#	28,33	#
Trinexapaque-etílico 800	65,33	Ns	29,67	Ns	38,67	Ns
Testemunha	59,67		29,00		44,33	

* Valores inferiores a 0,05 indicam que houve efeitos significativos ao nível de 5% de probabilidade dentro da variável considerada. ** ns, significa que não houve diferença estatisticamente significativa no contraste comparando as médias do tratamento e da testemunha e # significa que a diferença foi significativa.

Nas amostras colhidas na 3ª avaliação ao valor observado para a testemunha, ao contrário do que havia sido observado na amostragem anterior. Nas amostras de solo obtidas na 4ª avaliação, as parcelas tratadas com Imazapir 500 mL.ha⁻¹ e com Trinexapaque-etílico 600 mL.ha⁻¹ apresentaram valores superiores à testemunha sem aplicação de qualquer produto. Na última, época de amostragem, observou-se que com exceção do tratamento com Glifosato 80 mL.ha⁻¹, para todos os demais tratamentos a evolução do CO₂ do solo foi inferior à testemunha. O aumento da atividade heterotrófica global do solo reflete uma maior atividade microbiana, mas como não houve um padrão de variação definido entre os tratamentos, as diferenças observadas podem ser atribuídas ao acaso.

Rodovia Régis Bittencourt Km 466

Os resultados observados nos estudos de atividade heterotrófica global do solo de amostras de solo coletadas na área experimental da Rodovia Régis Bittencourt Km 466 estão apresentados nas Tabelas 25 e 26.

Os resultados da análise de variância dos dados dos solos coletados na área experimental da Rodovia Régis Bittencourt Km 466 mostram que houve efeitos significativos das variáveis fitoreguladores na atividade heterotrófica global do solo apenas na amostragem realizada em 12 de dezembro de 2019. Para as demais épocas, os efeitos não foram significativos para qualquer destas variáveis do experimento. O resultado do teste de comparação de médias para aos fitoreguladores e respectivas doses em 12 de dezembro também estão apresentados na Tabela 25 e 26.

Os resultados do desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos da interação observada na 2ª avaliação, mostraram que a evolução de CO₂ do solo nos dois tratamentos envolvendo Trinexapaque-etílico foram estatisticamente inferiores que no tratamento com glifosato nas doses de 80 mL.ha⁻¹. (Tabela 26)

As análises dos contrastes das médias dos tratamentos com a testemunha foram significativas na comparação do Trinexapaque-etílico 800 mL.ha⁻¹ com valor bastante superior à testemunha, na 1ª avaliação. O mesmo comportamento ocorreu na 2ª avaliação com valores inferiores na testemunha em relação ao tratamento com glifosato 80 mL.ha⁻¹. Na 3ª avaliação, o valor da evolução de CO₂ na testemunha foi superior ao tratamento com Trinexapaque-etílico 600 mL.ha⁻¹. O aumento da atividade heterotrófica global do solo reflete uma maior atividade microbiana, mas como não houve um padrão de variação definido entre os tratamentos, as diferenças observadas podem ser atribuídas ao acaso.

Tabela 25 – Valores médios dos dados de evolução de gás carbônico nas amostras de solo coletadas na área experimental da Rodovia Régis Bittencourt Km 466.

Fator de variação	1ª avaliação		2ª avaliação	
	F	P	F	P
Tratamentos	1,67	0,211	3,42	0,041
Fitoreguladores	3,53	0,062	122,36	0,000
Dose	3,34	0,093	6,66	0,011
Interação F x D	2,42	0,131	98,00	0,102
C.V.(%)	323,47		43,55	
Evolução de CO₂ (mg/Kg/48h)				
Imazapir 500	-1,00	.Ns	14,00	.Ns
Imazapir 700	-0,67	.Ns	13,33	.Ns
Glifosato 40	-0,67	.Ns	14,67	.Ns
Glifosato 80	0,33	.Ns	27,00	.#
Trinexapaque-etílico 600	0,33	.Ns	8,00	.Ns
Trinexapaque-etílico 800	12,33	*	10,33	.Ns
Testemunha	2,67		15,00	

* Valores inferiores a 0,05 indicam que houve efeitos significativos ao nível de 5% de probabilidade dentro da variável considerada.** ns, significa que não houve diferença estatisticamente significativa no contraste comparando as médias do tratamento e da testemunha.

Os resultados da análise de variância da atividade heterotrófica global do solo mostram que apenas em uma das datas e um local houve efeitos significativos dos tratamentos experimentais. Neste local ocorreu diferença entre produtos Trinexapaque-etílico e glifosato. Os resultados dos contrastes envolvendo as médias dos tratamentos com a testemunha foi significativa em várias oportunidades, mas houve um comportamento ambíguo, pois, em várias datas e locais a atividade heterotrófica global do solo foi maior na testemunha em relação a um determinado tratamento e em outras ocorreu exatamente o contrário. Este tipo de comportamento não mostra um padrão definido que possa ser atribuído de forma segura ao efeito de um tratamento específico sobre a atividade microbiana do solo, podendo as variações serem atribuídas a efeitos do acaso e ao processo analítico.

Tabela 26 – Valores médios dos dados de evolução de gás carbônico nas amostras de solo coletadas na área experimental da Rodovia Régis Bittencourt Km 466. (continuação)

Fator de variação	3ª avaliação		4ª avaliação		5ª avaliação	
	F	P	F	P	F	p
Tratamentos	0,79	0,5143	2,20	0,126	0,67	0,583
Fitoreguladores	0,89	0,4348	2,81	0,100	0,81	0,467
Dose	0,05	0,8195	0,40	0,537	0,35	0,563
Interação F x D	0,00	0,9995	0,89	0,434	0,21	0,814
C.V.(%)	40,98%		42,39*		90,41%	
Evolução de CO ₂ (mg/Kg/48h)						
Imazapir 500	25,00	.ns	31,33	.ns	4,00	.ns
Imazapir 700	27,00	.ns	31,67	.ns	6,33	.ns
Glifosato 40	39,00	.ns	33,67	.ns	9,00	.ns
Glifosato 80	40,67	.ns	30,00	.ns	10,33	.ns
Trinexapaque-etílico 600	29,67	.ns	10,00	#	12,33	.ns
Trinexapaque-etílico 800	32,00	.ns	24,33	.ns	13,67	.ns
Testemunha	31,67		31,33		8,33	

* Valores inferiores a 0,05 indicam que houve efeitos significativos ao nível de 5% de probabilidade dentro da variável considerada. ** ns, significa que não houve diferença estatisticamente significativa no contraste comparando as médias do tratamento e da testemunha.

Tabela 27 – Resultados dos desdobramentos dos graus de liberdade dos tratamentos na análise fatorial dos dados obtidos na amostragem de 12 de dezembro de 2019 na Rodovia Régis Bittencourt Km 466.

Fitoregulador	Dose	CO ₂ . Kg ⁻¹ .48 h ⁻¹
Trinexapaque-etílico	600 mL.ha ⁻¹	8,00 .b*
Trinexapaque-etílico	800 mL.ha ⁻¹	10,33 .a
Imazapir	500 mL.ha ⁻¹	13,33 .ab
Imazapir	700 mL.ha ⁻¹	14,00 .ab
Glifosato	40 mL.ha ⁻¹	14,67 .ab
Glifosato	80 mL.ha ⁻¹	27,00 .b

- Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

02.5. Avaliação dos resíduos dos fitoreguladores no solo

Originalmente, as amostras de solo para avaliações dos resíduos destes fitoreguladores estavam programadas para mais de uma profundidade, mas devido de que grande parte das áreas marginais de rodovias são de solo trabalhado com cortes do perfil ou acúmulo de material trazido de outros horizontes (perfis de solo), houve dificuldades nestas coletas. Frequentemente na primeira coleta para as análises iniciais de características químicas do solo, foi necessária a utilização de perfurador mecânico. (Figura 61). Na área da Rodovia Fernão Dias havia uma camada de impedimento (provavelmente rocha sedimentar) abaixo deste horizonte superficial que impossibilitava a coleta e tornava pouco provável qualquer lixiviação dos fitoreguladores para estas camadas. Este mesmo fato

ocorreu na área de Jacupiranga da Rodovia Régis Bittencourt. Assim, optou-se pela comparação entre as camadas aráveis (termo agrícola que indica 0-20 cm superficiais) destes solos.



Figura 61 – Perfuração mecânica do perfil do solo na área experimental da Rodovia Fernão Dias para coleta de amostras para análise de solo.

Nas parcelas tratadas com imazapir e glifosato, as coletas das amostras iniciais ocorreram antes da aplicação destes produtos e as coletas pós-aplicação foram realizadas quando da aplicação do Trinexapaque-etílico. Nas parcelas tratadas com Trinexapaque-etílico, as amostras iniciais foram realizadas antes de sua aplicação e as amostras pós-aplicação coletadas por ocasião da primeira avaliação de crescimento.

As amostras foram coletadas, mantidas sob refrigeração (caixa de isopor com gelo) para transporte até o laboratório e, depois mantidas em freezer a -4°C até o envio para o laboratório do NUPAM. Antes do envio, as amostras foram descongeladas e peneiradas em tamis de dois milímetros.

Para as avaliações da presença e quantificação dos fitoreguladores no solo, sete gramas de cada amostra foram inseridos em cartuchos de extração de solução de solo previamente preparados; a seguir, foram adicionados três mililitros de água deionizada em cada cartucho. Esta quantidade foi suficiente para saturar o solo das amostras. Vinte e quatro horas após a adição da água, as amostras foram centrifugadas a 5.000 rotações por minuto para que a solução de solo fosse extraída. Este procedimento permite estimar a quantidade de um composto disponível em solução que pode lixiviar ou ser absorvido por plantas ou sementes.

As soluções obtidas foram filtradas em membranas com poros de $0,45\mu\text{m}$ e analisadas em sistema de cromatografia em fase líquida com detecção em espectrômetro de massas do tipo quadrupolo 4500 Sciex operando no modo MRM e condições operacionais otimizadas para cada composto. Somente amostras e padrões analíticos que produziram picos cromatográficos com relação Sinal/Ruído superior a cinco foram consideradas no processo de análise e quantificação.

Os compostos glifosato, AMPA, trinexapaque-etílico, trinexapaque e imazapir foram quantificados. O AMPA (ácido aminometilfosfônico) corresponde ao principal metabólito do glyphosate e o trinexapac é o principal metabólito do trinexapac-ethyl.

Os resultados das análises são apresentados em: a) ng.mL^{-1} na solução de solo; b) ng.g^{-1} de solo considerando apenas o que está disponível em solução; c) estimativa da quantidade disponível na solução de solo em um hectare, na camada de 0-25cm e considerando a densidade aparente do solo como sendo de $1,25\text{kg.dm}^{-3}$.

Os valores das concentrações de imazapir, trinexapaque-etílico e glifosato determinados antes e após a aplicação dos fitoreguladores e respectivas doses foram submetidos à análise de variância pelo teste de F, simulando para cada fitoregulador, um esquema fatorial $2 \times 3 \times 5$, onde constituíram variáveis duas épocas de avaliação (antes e depois da aplicação), três locais (Fernão Dias, Régis Bittencourt Km 556 e Km466) e cinco tratamentos experimentais (testemunha sem aplicação de fitoreguladores, fitoreguladores nas doses 01 e 02). O fitoregulador pode ser o Imazapir, o Trinexapaque-etílico ou o Glifosato e as respectivas doses estão apresentadas nas tabelas de resultados. No caso dos resíduos optou-se pela comparação entre locais também numa mesma análise, gerando o fatorial triplo, com a finalidade de inferir sobre o comportamento dos mesmos ingredientes ativos em diferentes ambientes.

Na Tabela 28 estão apresentados os resultados da análise de variância e as médias obtidas para as variáveis principais do fatorial. Todos os resultados são apresentados com base na análise dos ingredientes ativos dos produtos, ou seja, imazapir, trinexapaque-etílico e glifosato, e os valores são apresentados na unidade ng.g^{-1} de solo, o que equivale a mg.Kg^{-1} de solo.

A análise de variância para os valores das concentrações de imazapir indicaram que houve diferenças estatisticamente significativas entre os locais em que foram conduzidos os experimentos, entre épocas de aplicação e para as interações entre as variáveis “época e local” e “tratamentos e local”. Nas comparações das médias das variáveis principais observa-se que os valores obtidos na área experimental da Rodovia Fernão Dias foram maiores que os obtidos nas duas áreas da Rodovia Régis Bittencourt, e que a concentração de imazapir no solo foi maior antes da aplicação naquela área experimental (Fernão Dias). As duas interações que foram significativas serão discutidas no desdobramento da interação tripla, o qual está graficamente representado na Figura 62. Nesta Figura é possível observar que os efeitos de local e épocas de aplicação estão associados aos valores obtidos nas amostras coletadas antes da aplicação de imazapir, tanto na testemunha como nas parcelas onde seriam testadas as duas doses do produto.

Tabela 28 – Valores de F e p obtidos nas análises de variância e os valores das médias das concentrações de imazapir, trinexapaque-etílico e glifosato obtidos nos desdobramentos dos graus de liberdade das variáveis principais do fatorial dos experimentos conduzidos na Rodovia Fernão Dias e Rodovia Régis Bittencourt, Kms 456 e 466.

Variável	Fitoregulador					
	Imazapir		Trinexapaque-etílico		Glifosato	
	F	P	F	p	F	P
Local (L)	11,07	>0,01*	0,85	0,44	0,11	0,90
Tratamento (T)	3,00	0,06	0,88	0,42	1,31	0,29
Época (E)	11,08	>0,01	0,85	0,36	6,52	0,02
Interação L x T	3,30	0,02	0,88	0,48	1,38	0,27
Interação L x E	11,64	>0,01	0,85	0,44	0,76	0,48
Interação T x E	3,12	0,06	0,88	0,42	1,43	0,26
Interação L x T x E	3,23	0,02	0,88	0,48	1,77	0,16
Local						
RB 456	0,002	b**	0,000	a	0,025	a
RB 466	0,006	B	0,016	a	0,038	a
FD 866	0,129	A	0,000	a	0,038	a
	Imazapir (500 e 700 mL.ha⁻¹)		Trinexapaque (600 e 800 mL.ha⁻¹)		Glifosato (40 e 80 mL.ha⁻¹)	
Dose 01	0,018	A	0,000	a	0,032	a
Dose 02	0,037	A	0,000	a	0,047	a
Testemunha	0,087	A	0,015	a	0,024	a
Época						
Antes	0,099	A	0,000	a	0,020	b
Depois	0,002	B	0,011	a	0,052	a

* Valor de p inferior a 0,05 indica que houve diferença significativa nas comparações entre variáveis ou suas interações.

** Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

Uma das possíveis explicações para este resultado é uma contaminação na manipulação destas amostras ou que tivesse ocorrido alguma deriva recente da área de agricultura lindeira. A hipótese da deriva é mais factível, uma vez que nesta época de avaliação os resíduos de imazapir apareceram em todos os tratamentos na Rodovia Fernão Dias. É possível admitir esta hipótese considerando a baixa persistência da disponibilidade desta substância na solução do solo, com DT50 de 11 dias em solo normal (LEWIS et al. 2016). A não detecção do imazapir no solo das parcelas na avaliação pós-aplicação também pode ser explicada pela baixa persistência e pela dose muito baixa que é aplicada para obtenção do efeito hormonal. O Imazapir foi aplicado nas doses de 0,5 e 0,7 L.ha⁻¹, quando nas situações em que é registrado como herbicida as doses recomendadas estão normalmente na faixa de 2,0 a 10,0 L.ha⁻¹.

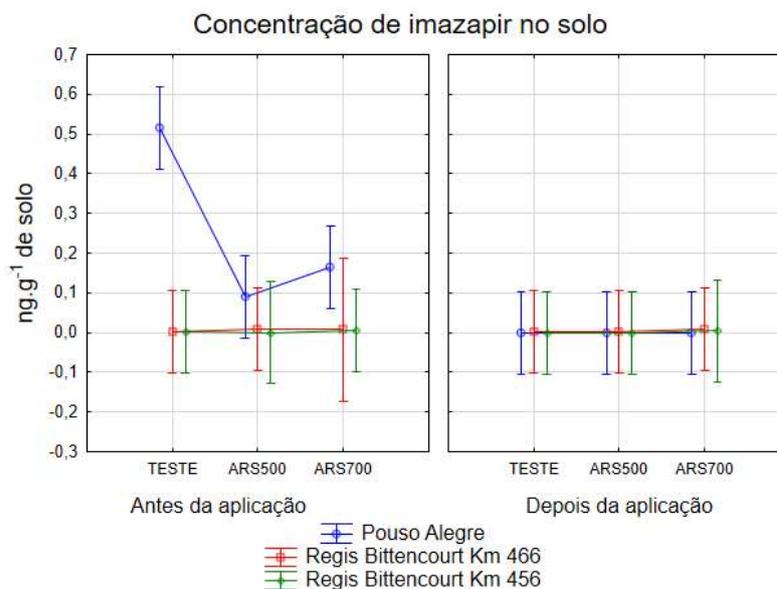


Figura 62– Representação gráfica das médias obtidas no desdobramento dos graus de liberdade da interação tripla entre as variáveis época de aplicação, dose de imazapir e época de coleta da amostra. É importante ressaltar que os dados expostos refletem concentrações do ingrediente ativo imazapir.

O maior valor observado no conjunto de dados das análises das concentrações de imazapir no solo foi de 2,3 mg.Kg⁻¹ numa parcela testemunha antes da aplicação dos fitoreguladores. Esta concentração é extremamente baixa quando comparada ao valor para toxicidade aguda em minhoca (*Eisenia fetida*) cujo CL₅₀, 14d é 133,0 mg.Kg⁻¹ de solo (LEWIS et al, 2016), mostrando risco muito baixo para este importante indicador ecológico para contaminação do solo com substâncias xenobióticas. Também é importante ressaltar que este resíduo não foi provocado pelo fitoregulador, pois apareceu antes da aplicação possivelmente por uma deriva ou contaminação na manipulação das amostras.

Os resultados da análise de variância para os dados de concentrações de trinexapaque-etílico no solo (Tabela 28) mostram que não houve efeitos significativos das variáveis local, concentrações do produto, época de avaliação e de suas interações. Dentre os locais, foi detectada a presença do trinexapaque-etílico apenas na Rodovia Régis Bittencourt Km 466; dentre os tratamentos apenas foi detectada na média das parcelas testemunhas na comparação entre épocas de amostragem apenas após a aplicação (Figura 63). No entanto, os testes de comparação de médias não acusaram diferenças significativas entre estes valores (Tukey 5%). Para os demais tratamentos, épocas de amostragem e locais de experimentação não foram detectados resíduos deste fitoregulador nas amostras de solo.

A interação das três variáveis principais foi representada graficamente (Figura 63) como forma de visualização do comportamento dos valores médios das concentrações de trinexapaque-etílico no solo nos tratamentos, locais e épocas de amostragem.

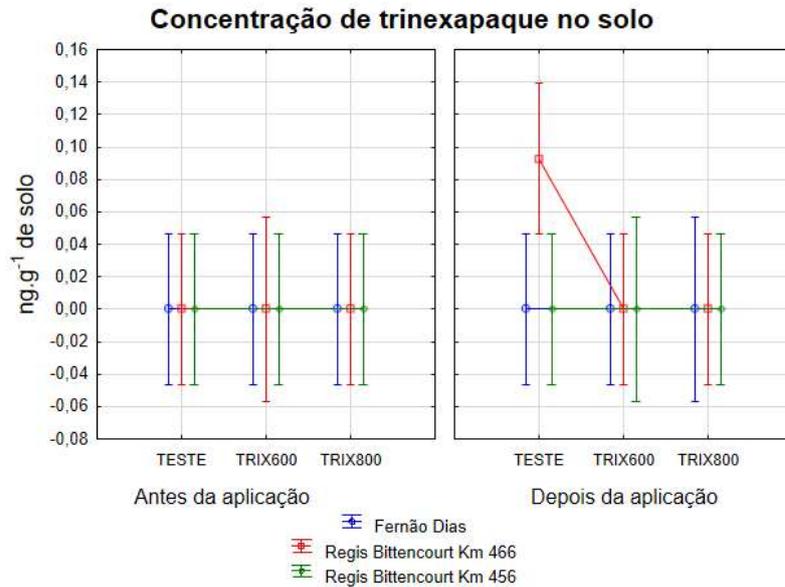


Figura 63 – Representação gráfica das médias obtidas no desdobramento dos graus de liberdade da interação tripla entre as variáveis época de aplicação, dose de Trinexapaque-etílico e época de coleta da amostra. É importante ressaltar que os dados expostos refletem concentrações do ingrediente ativo trinexapaque.

A maior concentração de trinexapaque-etílico observada foi 0,28 mg.Kg-1 de solo em uma parcela testemunha na Rodovia Régis Bittencourt Km 466 depois da aplicação dos fitoreguladores. Segundo Lewis et al. (2016) o trinexapaque-etílico é considerado não persistente no solo em condições normais, apresenta CL50, 14 d para a minhoca (*Eisenia fetida*) com valor acima de 93 mg.Kg-1 e toxicidade crônica com valor de 25,2 mg.Kg-1 para a collembola (*Folsomia candida*). Pelos resultados, o valor máximo atingido para resíduo de glifosato no solo é extremamente baixo para colocar em risco os organismos testes estudados.

Os resultados da análise de variância para as concentrações de glifosato no solo (Tabela 28) detectaram efeitos significativos apenas da variável época de avaliação, com valores médios observados na pós-aplicação maiores que aqueles determinados antes da aplicação deste fitoregulador. Também para as concentrações do glifosato no solo, apesar de não ter sido significativa a interação das três variáveis principais, esta análise foi apresentada graficamente (Figura 64) como forma de visualização do comportamento dos valores médios das concentrações de glifosato no solo nos tratamentos, locais e épocas de amostragem.

As concentrações de glifosato observadas no período pós-aplicação foram maiores que antes (Figura 64). A maior concentração de glifosato no solo observada no conjunto de dados foi de 0,171 mg.Kg-1 na Rodovia Fernão Dias no período pós-aplicação em parcela que havia recebido a dose de 80 mg.ha-1. De acordo com dados publicados no site www.epa.gov/pesticides/reregistration/status.htm, acessado em 20 de dezembro de 2020, para a minhoca *Eisenia fetida*, a toxicidade aguda do glifosato é maior que 5000 mg.Kg-1 e a toxicidade crônica é de 28.8 mg.Kg-1; para a colêmbolas (*Folsomia candida*) a toxicidade crônica é de 1000 mg.Kg-1 de solo. Pelos valores observados, a aplicação do glifosato nas

doses em que atua como regulador de crescimento não constituiu risco de intoxicação dos organismos bioindicadores do solo.

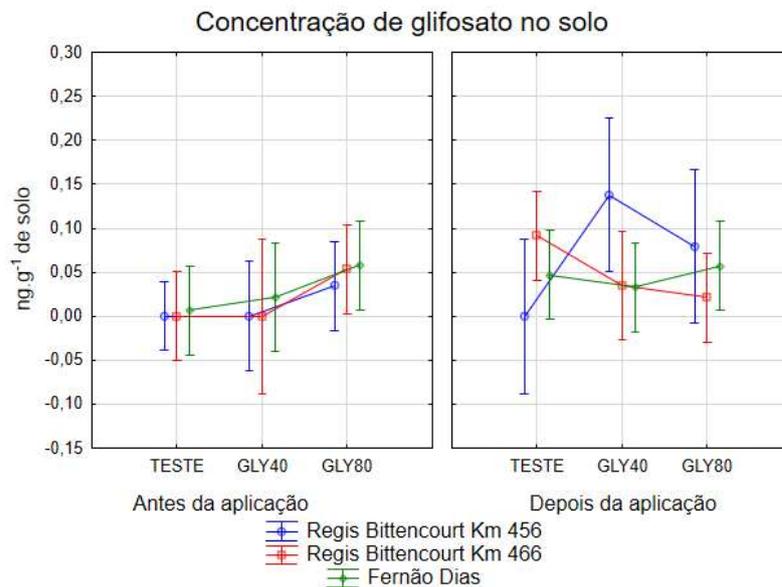


Figura 64 – Representação gráfica das médias obtidas no desdobramento dos graus de liberdade da interação tripla entre as variáveis época de aplicação, dose de glifosato e época de coleta da amostra. É importante ressaltar que os dados expostos refletem concentrações do ingrediente ativo.

Os resultados relativos as persistências do imazapir, trinexapaque-etílico e glifosato no solo não representaram riscos de contaminação dos solos e as concentrações máximas atingidas para cada produto estão muito abaixo daquelas determinadas como tóxicas para bioindicadores de solos.

02.6. Experimentos em condições de vaso

Em função das dificuldades encontradas nas conduções das áreas experimentais da Regis Bittencourt e do grande período de inatividade de campo em função da pandemia do COVID-19, a equipe da pesquisa optou por realizar estudos em vasos na estação de pesquisa da Ecosafe. A gramínea escolhida foi a braquiária decumbens por dois motivos: (i) segundo as informações de Itograss, tanto para a grama-batatais como para a esmeralda, há necessidade de que se aguarde um período de pelos menos dois meses para que esta forração se estabeleça emitindo as raízes no solo e até este momento estão vivendo de nutrientes fornecidos pela manta e, estas condições inviabilizavam a compra destas gramíneas e plantio nesta estação experimental e os resultados podem ser distintos daquele observado com gramado estabelecido e (ii) pelas observações de campo, sem dúvida, as forrações das áreas verdes das rodovias serão dominadas por gramíneas exóticas invasoras e, dentre elas, a braquiária é a única que fornece condições adequadas de manejo. As demais gramíneas exóticas invasoras, como o capim-colômbio (*Panicum maximum*), capim napier (*Pennisetum clandestinum*) e capim-massambará (*Sorghum halepense*) não são adequadas e devem ser consideradas como plantas daninhas e, portanto, alvos de eliminação e não de convivência.

Os estudos foram conduzidos em condições de vasos plásticos de 2,8 litros. O substrato para o crescimento das plantas foi constituído por areia:solo:esterco de curral nas proporções de 1:2:1 em bases volumétricas. Em cada vaso foram colocados 2,5 litros do substrato.

Em todos os experimentos as mudas de braquiária foram produzidas em bandejas de germinação de hortaliças e quando estas atingiam o estágio de três folhas eram transplantadas em número de três mudas por vaso. As plantas cresceram com irrigações diárias para assegurar um desenvolvimento adequado e quando estas apresentavam determinada altura (variou cm o experimento) foram podadas à 5 cm do solo. Estas mudas foram deixadas rebrotar e sofreram novo corte quando apresentavam determinada altura que variou cm o experimento. Somente após este manejo, as plantas foram consideradas representativas para o estudo das ações dos fitoreguladores, pois simulavam as condições de campo, onde as plantas de braquiária são roçadas com frequência.

Num primeiro experimento, doravante denominado Ensaio 01 para maior fluidez da redação e melhor compreensão do texto, foram estipulados tratamentos em que o corte da braquiária foi realizado antes ou após a aplicação dos fitoreguladores em doses diferentes. Por ocasião do corte, a braquiária apresentava altura de 15 cm. Neste ensaio foi introduzido o fitoregulador paclobutrazol (Cultar), produto bastante utilizado para controlar o crescimento, retardar o florescimento e melhorar o aspecto sanitário de gramínea de forração de campos de golfe (*Zoysia spp*). O ensaio foi instado no delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco repetições e os tratamentos testados estão apresentados na Tabela 29. Os tratamentos constituíram de aplicações isoladas dos fitoreguladores (tratamentos 1 até 12 e tratamento 22) ou aplicações combinadas (tratamentos 13 até 21). Na testemunha não foi realizada aplicação de qualquer fitoregulador. As épocas de aplicação foram realizadas sete dias antes ou sete dias depois da ceifa da planta.

No Ensaio 02, também montado no delineamento experimental de inteiramente casualizado com quatro repetições e corte realizado nas plantas quando estavam com 25 cm de altura. O ensaio foi instado no delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições e os tratamentos testados estão apresentados na Tabela 30. Os tratamentos constituíram de aplicações isoladas dos fitoreguladores (tratamentos 1 até 9) ou aplicações combinadas (tratamentos 10 até 12). Na testemunha não foi realizada aplicação de qualquer fitoregulador. As épocas de aplicação foram realizadas sete dias antes ou sete dias após da ceifa da planta.

Tabela 29 – Fitoreguladores, doses e épocas de aplicação que constituíram os tratamentos experimentais para controle do crescimento de braquiária decumbens no ensaio nº01. As épocas de aplicação foram 07 dias antes ou 7 dias depois da ceifa da planta.

Tratamento	Fitoregulador	Dose (mL.ha ⁻¹)	Época	Fitoregulador	Dose (mL.ha ⁻¹)	Época
1	TRX (T)	300	Antes	---	---	---
2	TRX (T)	400	Antes	---	---	---
3	TRX (M)	300	Antes	---	---	---
4	TRX (M)	400	Antes	---	---	---
5	IMZ	250	Antes	---	---	---
6	IMZ	300	Antes	---	---	---
7	TRX (T)	600	Após	---	---	---
8	TRX (T)	800	Após	---	---	---
9	TRX (M)	600	Após	---	---	---
10	TRX (M)	800	Após	---	---	---
11	IMZ	500	Após	---	---	---
12	IMZ	600	Após	---	---	---
13	TRX (T)	300	Antes	TRX (T)	600	Após
14	TRX (T)	400	Antes	TRX (T)	800	Após
15	TRX (M)	300	Antes	TRX (M)	600	Após
16	TRX (M)	400	Antes	TRX (M)	800	Após
17	IMZ	250	Antes	TRX (M)	500	Após
18	TRX (M)	300	Antes	TRX (M)	600	Após
19	PBZ	300	Após	TRX (T)	600	Após
20	PBZ	300	Após	TRX (M)	600	Após
21	PBZ	300	Após	IMZ	600	Após
22	PBZ	300	Após	---	---	---
23	Testemunha	---	----	---	---	---

* TRX (M). trinexapaque-etílico formulação Moddus; TRX (T) trinexapaque-etílico, formulação Trix; IMZ (imazapir), PBZ (paclobutrazol)

IMZ

Tabela 30 – Fitoreguladores, doses e épocas de aplicação que constituíram os tratamentos experimentais para controle do crescimento de braquiária decumbens no ensaio nº02. A época de aplicação foi 07 dias antes da ceifa da planta.

Tratamento	Fitoregulador	Dose mL.ha ⁻¹	época	Fitoregulador	Dose mL.ha ⁻¹	época
1	IMZ	500	Antes	----	----	----
2	IMZ	700	Antes	----	----	----
3	IMZ	900	Antes	----	----	----
4	TRX	600	Antes	----	----	----
5	TRX	800	Antes	----	----	----
6	TRX	1000	Antes	----	----	----
7	PBZ	500	Antes	----	----	----
8	PBZ	1000	Antes	----	----	----
9	PBZ	2000	Antes	----	----	----
10	IMZ	700	Antes	TRX	800	Antes
11	IMZ	700	Antes	PBZ	1000	Antes
12	TRX	800	Antes	PBZ	1000	Antes
13	Testemunha	----	----	----	----	----

* TRX (trinexapaque-etílico), IMZ (imazapir), PBZ (paclobutrazol)

No ensaio 03, o delineamento experimental utilizado também foi o inteiramente casualizado e aplicação ocorreu quando as plantas apresentavam altura e 15 cm e, neste caso, haviam sido submetidas a cinco ciclos de roçada antes do início do ensaio. O ensaio foi instado no delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições e os tratamentos testados estão apresentados na Tabela 31. Os tratamentos constituíram de aplicações isoladas dos fitoreguladores em diferentes doses. Na testemunha não foi realizada aplicação de qualquer fitoregulador. As épocas de aplicação foram realizadas sete dias antes ou sete dias da ceifa da planta.

No ensaio 04, também foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições e aplicação ocorreu quando as plantas apresentavam altura de 15 centímetros e, neste caso, se tratava de plantas jovens em que iria ocorrer a primeira ceifa mecânica. O ensaio foi instado no delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições e os tratamentos testados estão apresentados na Tabela 32. Os tratamentos constituíram de aplicações isoladas dos fitoreguladores em diferentes doses. Na testemunha não foi realizada aplicação de qualquer fitoregulador. A época de aplicação foi sete dias antes da ceifa da planta.

Tabela 31 – Fitoreguladores, doses e épocas de aplicação que constituíram os tratamentos experimentais para controle do crescimento de braquiária decumbens no ensaio nº03. As épocas de aplicação foram 07 dias antes ou 7 dias depois da ceifa da planta.

Tratamento	Fitoregulador	Dose mL.ha ⁻¹	Época
1	IMZ	500	Antes
2	IMZ	500	Após
3	IMZ	600	Antes
4	IMZ	600	Após
5	IMZ	700	Antes
6	TRX	800	Antes
7	TRX	800	Após
8	Testemunha		

* TRX (trinexapaque-etílico), IMZ (imazapir), PBZ (paclobutrazol)

Tabela 32 – Fitoreguladores e doses que constituíram os tratamentos experimentais para controle do crescimento de braquiária decumbens no ensaio nº04. A época de aplicação foi 07 dias antes da ceifa da planta.

Tratamento	Fitoregulador	Dose (mL.ha ⁻¹)	Época
1	IMZ	500	Antes
2	IMZ	700	Antes
3	IMZ	900	Antes
4	TRX	600	Antes
5	TRX	800	Antes
6	TRX	1000	Antes
7	PBZ	500	Antes
8	PBZ	1000	Antes
9	PBZ	2000	Antes
10	Testemunha	----	----

* TRX (trinexapaque-etílico), IMZ (imazapir), PBZ (paclobutrazol)

Os experimentos foram documentados por registros fotográficos, realizados aos 14 e 28 dias após o corte e, com exceção do Ensaio 01 que foi totalmente especulativo, foram realizadas medidas de altura das plantas e acúmulo de biomassa seca epígea aos 28 dias. Os ensaios em vasos não podem ser muito prolongados porque o volume ocupado pelo sistema radicular passa a ser limitante ao crescimento das plantas, especialmente da testemunha nesse caso, e as diferenças entre tratamentos tendem a diminuir.

No primeiro ensaio foi incluído o fitoregulador Moddus, porque também se trata de trinexapaque-etílico, com longo histórico de uso. Por isso, julgou-se interessante comparar com o Trinexapaque-etílico que é uma formulação bastante recente e sem expressivo histórico de uso. O Paclobutrazol foi

incluído nos ensaios por se tratar de um fitoregulador muito utilizado em gramados nos EUA, especialmente campos de golfe, que a empresa Syngenta está iniciando o processo de registro não agrícola e que poderá ser futuramente útil no manejo de forrações em rodovias.

Ensaio 01.

Houve similaridade dos efeitos das duas formulações de trinexapaque-etílico – Trix e Moddus (Figura 65), indicando que os efeitos das duas formulações e trinexapaque-etílico foram similares. A aplicação do imazapir antes do corte da gramínea reduz a intensidade de crescimento, sendo o produto mais eficiente quando aplicado isoladamente (Figura 66).



Figura 65 – Aspectos das plantas de braquiária que receberam aplicações de Trinexapaque-etílico ou Trinexapaque-etílico (Moddus) aos 7 dias antes da ceifa.

Os resultados também mostraram que aplicações sequenciais apresentam efeitos aditivo, sendo o processo de redução do crescimento mais intenso (Figura 67).



Figura 66 – Aspectos das plantas de braquiária que receberam aplicações de Imazapir logo após a ceifa em duas doses.

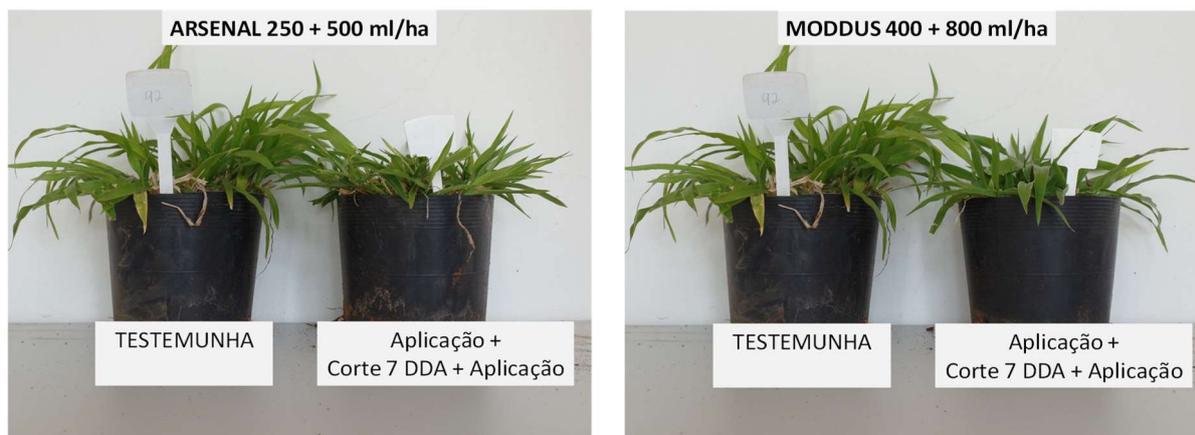


Figura 67 – Aspectos das plantas de braquiária que receberam aplicações sequenciais de Imazapir ou Trinexapaque-etílico (Moddus).

Ensaio 02 a 04

Os resultados das análises de variância mostraram diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos nas três situações experimentais para a biomassa epígea da braquiária, indicando que houve influência dos tratamentos em relação ao acúmulo de matéria seca nas partes aéreas das plantas (Tabela 33 e 34).

Tabela 33 – Resultados das análises de variância dos dados de matéria seca de braquiária em experimentos conduzidos em vasos. Avaliação feita 28 dias após a aplicação.

Variável	Tamanho da planta na época de aplicação					
	Braquiária 25 cm		Braquiária 15 cm		Braquiária 1º corte	
	F	P	F	P	F	P
Tratamento	5,2	> 0,01	11,15	< 0,01	10,26	< 0,01
C.V.	34,83%		33,62%		19,33%	

Tabela 34 – Resultados das análises de variância dos dados de altura das plantas de braquiária em experimentos conduzidos em vasos. Avaliação feita 28 dias após a aplicação.

Variável	Tamanho da planta na época de aplicação					
	Braquiária 25 cm		Braquiária 15 cm		Braquiária 1º corte	
	F	P	F	P	F	P
Tratamento	30,05	> 0,01	18,20	< 0,01	52,91	< 0,01
C.V.	13,17%		19,80%		7,76%	

Na tabela 35 estão apresentados os valores das médias obtidas para a biomassa seca epígea acumulada pela braquiária e as respectivas alturas das plantas. Com relação ao acúmulo de biomassa seca epígea pelas plantas, o maior valor foi observado na testemunha sem aplicação de fitoreguladores e estatisticamente foi similar aos valores observados nos vasos tratados com Trinexapaque-etílico 800 +

Paclobutrazol 1000 mL.ha⁻¹, Imazapir 500 mL.ha⁻¹, Paclobutrazol 1000 mL.ha⁻¹ + Omega (1%) e Trinexapaque-etílico 1000 mL.ha⁻¹. Todos os demais tratamentos produziram valores de biomassa seca menores que a testemunha. Os menores valores foram observados nas parcelas tratadas com imazapir isolados nas doses de 700 e 900 mL.ha⁻¹ (Tabela 28) e imazapir 700 mL.ha⁻¹ combinado com Trinexapaque-etílico 800 mL.ha⁻¹ ou Paclobutrazol 1000 mL.ha⁻¹.

Tabela 35 – Médias dos valores da biomassa seca epígea e altura das plantas submetidas a diferentes fitoreguladores e doses de aplicação.

Tratamento	Massa seca (g)	Altura (cm)
Imazapir 500	19,93 .abcd	9,00 .bcd
Imazapir 700	11,13 .cd	6,75 .de
Imazapir 900	6,05 .d	4,00 .e
Trinexapaque-etílico 600	22,92 .abc	12,00 .b
Trinexapaque-etílico 800	14,63 .bcd	8,50 .bcd
Trinexapaque-etílico 1000	18,47 .abcd	8,50 .bcd
Paclobutrazol 500	17,06 .bcd	12,00 .b
Paclobutrazol 1000	16,97 .bcd	11,50 .bc
Paclobutrazol 2000	16,87 .bcd	7,75 .d
A 700 + T800	7,50 .d	4,00 .e
A 700 + C 1000	14,24 .bcd	6,00 .de
T 800 + C 1000	26,82 .ab	11,50 .bc
T 800 + O 1%	15,08 .bcd	11,50 .bc
C 1000 + O1%	19,28 .abcd	12,00 .b
Testemunha	33,02 .a	16,25 .a

A maior altura das plantas de braquiária foi verificada na testemunha sem aplicação de fitoreguladores e foi estatisticamente superior a todos os demais tratamentos com a utilização de qualquer fitoregulador, independente do produto, dose ou associação. As menores alturas de plantas foram observadas nas parcelas que receberam a aplicação de Imazapir 700 e 900 L.ha⁻¹ e as combinações deste produto a 700 mL.ha⁻¹ com o Paclobutrazol 1000 mL.ha⁻¹ e o Trinexapaque-etílico 800 mL.ha⁻¹ (Figuras 68 a 70). Os resultados apresentados na Figura 68 corroboram com as observações anteriores de que, quando aplicado isolado, o imazapir é o produto que promove maior redução do crescimento da braquiária após a roçada.



Figura 68 – Aspectos da planta de braquiária que recebeu aplicação de 700 ml/ha de Imazapir aos sete dias antes do corte, quando apresentava 25 cm de altura.



Figura 69 – Aspectos da planta de braquiária que recebeu aplicação de 900 ml/ha de Imazapir aos sete dias antes do corte, quando apresentava 25 cm de altura



Figura 70 – Aspectos da planta de braquiária que recebeu aplicação de 700 ml/ha de Imazapir combinado com Trinexapaque-etílico 800 mL.ha⁻¹ aos sete dias antes do corte, quando apresentava 25 cm de altura

Na Tabela 36 estão apresentados os valores da biomassa seca epígea da braquiária e as alturas de plantas que foram submetidas à aplicação de diferentes fitoreguladores, doses e época de aplicação quando as plantas apresentavam 15 cm de altura. Os resultados mostram que em termos de acúmulo de massa seca epígea apenas as parcelas tratadas com imazapir foram estatisticamente inferiores à testemunha, com exceção da dose de 500 L.ha⁻¹ aplicada antes do corte.

Tabela 36 – Médias dos valores da biomassa seca epígea e altura das plantas submetidas a diferentes fitoreguladores e doses de aplicação quando a planta apresentava 15 cm de altura.

Tratamento	Massa seca (g)	Altura (cm)
Imazapir 500 Antes	16,30 .ab*	8,25 .cde
Imazapir 500 Depois	8,54 .bcd	13,75 .ab
Imazapir 600 Antes	7,08 .cd	5,00 .de
Imazapir 600 Depois	7,30 .cd	11,25 .bc
Imazapir 700 Antes	3,70 .d	5,00 .de
Imazapir 700 Depois	6,52 .cd	11,25 .bc
Imazapir 900 Antes	3,09 .d	4,00 .e
Trinexapaque-etílico 800 A	13,62 .abc	9,50 .bcd
Trinexapaque-etílico 800 D	19,96 .a	12,25 .abc
Testemunha	12,56 .abc	16,25 .a

* médias acompanhadas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

Os menores valores de biomassa foram observados para as aplicações de imazapir 700 e 900 mL.ha⁻¹ aplicados antes do corte, destacando-se mais uma vez que estes são o produto e as doses que mais efetivamente reduzem o crescimento desta gramínea após a roçada de manejo. A esses dois tratamentos se assemelham estatisticamente, os tratamentos com imazapir 600 mL.ha⁻¹ em ambas as épocas de

aplicação e as doses de 500 e 700 mL.ha⁻¹ aplicados depois do corte. Com relação à altura das plantas de braquiária todas as doses de imazapir aplicados antes do corte de manejo foram as mais eficientes na redução do crescimento dessa planta (Figura 70).



Figura 71 – Aspectos de plantas de braquiária que foram submetidas à aplicação de imazapir na dose de 700 mL.ha⁻¹ em plantas de 15 cm de altura e aos sete dias antes do corte

Na Tabela 37 estão apresentados os valores da biomassa seca epígea da braquiária e as alturas de plantas de braquiária em primeiro corte que foram submetidas à aplicação de diferentes fitoreguladores, doses e época de aplicação. Os resultados mostram que em termos de acúmulo de massa seca epígea apenas as parcelas tratadas com imazapir foram estatisticamente inferiores à testemunha, com exceção da dose de 500 L.ha⁻¹ aplicada antes do corte.

Em termos de acúmulo epígeo de matéria seca os resultados do teste de Tukey mostram que apenas as parcelas que receberam imazapir nas doses de 700 e 900 mL.ha⁻¹ apresentaram valores estatisticamente inferiores à testemunha sem aplicação de fitoreguladores, mas com relação à altura da plantas apenas o imazapir 900 mL.ha⁻¹, mostrou valores inferiores à testemunha.

Estes resultados deixam mais claro que o imazapir é o produto que tem promovido maior redução de crescimento da braquiária decumbens e que a época ideal de aplicação é antes do corte; assim, para essa gramínea, a melhor opção para redução de crescimento pós-roçada é o tratamento com imazapir 700 mL.ha⁻¹ aplicado antes do corte. A dose de 900 mL.ha⁻¹ foi bastante eficiente, mas o aspecto visual de vegetação após a roçada pode ser impeditivo para a adoção desta dose pela concessionária. Os demais produtos devem ser mais bem estudados para que tenham seus efeitos melhorados para os propósitos de seu uso em rodovias.

Tabela 37 – Médias dos valores da biomassa seca epígea e altura das plantas submetidas a diferentes fitoreguladores e doses de aplicação em plantas de primeiro corte.

Tratamento	Massa seca (g)	Altura (cm)
Imazapir 500	11,69 .ab	12 .a
Imazapir 700	7,44 .b	10 .a
Imazapir 900	2,31 .c	4 .b
Trinexapaque-etílico 600	11,74 .ab	15 .a
Trinexapaque-etílico 800	11,75 .ab	12 .a
Trinexapaque-etílico 1000	10,43 .ab	12 .a
Paclobutrazol 500	11,6 .ab	15 .a
Paclobutrazol 1000	10,93 .ab	12 .a
Paclobutrazol 2000	11,3 .ab	12 .a
Testemunha	13,38 .a	16 .a

4. CONCLUSÕES, CONSIDERAÇÕES E PRODUTOS GERADOS

Embora, os dados referentes aos impactos dos fitoreguladores sobre o crescimento das forrações em Registro e Jacupiranga (Rodovia Regis Bittencourt Km 456 e 466), não trouxeram os resultados esperados em função das alterações das comunidades vegetais provavelmente por problemas climáticos, os resultados obtidos na Rodovia Fernão Dias foram muito ilustrativos e corroboram com a viabilidade do uso de fitoreguladores no controle de forrações de rodovias. É muito importante ressaltar que efeitos dos tratamentos nos indicadores ambientais trazem o conforto para a utilização segura destes produtos na área das faixas de servidão das rodovias. Os resultados ambientais foram consistentes em todas as três áreas avaliadas. É importante ressaltar que são áreas bastante perturbadas pela construção e manutenção das rodovias e a comunidade de insetos teve baixa riqueza e diversidade de espécies, embora elevadas equitabilidade nas artropodofauna. As faixas de vegetação das estradas normalmente são bastante isoladas e em grande parte não tem transição com qualquer ambiente natural lindeiro, sendo de um lado o pavimento e outro áreas com finalidade agropecuárias. Os resíduos de fitoreguladores foram bastante baixos, quando detectados, e seus valores máximos sempre estiveram muito abaixo de qualquer risco aos organismos de solo indicadores de toxicidade aguda e crônica, segundo os limites ecotoxicológicos. Também não foram verificados impactos dos tratamentos com fitoregulador na atividade heterotrófica global do solo, permitindo inferir que não afeta o metabolismo global dos microrganismos do solo.

Quanto aos fitoreguladores, os dois produtos que promoveram a redução do crescimento da braquiária decumbens foram o imazapir e o trinexapaque-etílico. A resiliência de redução do crescimento de braquiária decumbens foi expressivamente maior para o imazapir e proporcional à dose. A maior durabilidade da redução de crescimento foi observada na dose de 700 mL.ha⁻¹, que logo após a roçada apresentou aspecto seco da vegetação remanescente na planta, mas que foi recuperado em menos de duas semanas, no período chuvoso. Os resultados sugerem que em período mais secos, seja utilizada a dose de 500 mL.ha⁻¹. O trinexapaque-etílico também teve efeito de redução da crescimento e pode reduzir o número de roçadas, porém em menor intensidade em relação ao imazapir.

Desta forma, os resultados deste projeto de pesquisa e desenvolvimento sugerem que a utilização do imazapir, nas duas doses, são eficazes para retardar o crescimento da braquiária decumbens após a roçada e permitir o aumento de intervalos entre ceifas. Para o trinexapaque-etílico, embora tenha produzido resultados satisfatórios, existe necessidade de mais estudos de relações entre doses e épocas de aplicação para que seja otimizada a ação deste produto nas condições brasileiras, pois é um dos produtos mais utilizados no exterior.

Um aspecto interessante que deve ser considerado pelas concessionárias no Brasil que é o tipo de vegetação que terão de manejar nas áreas verdes laterais das rodovias. Por questões legais, as plantas recomendadas são principalmente a grama esmeralda (*Zoysia japonica*) e a grama São Carlos (*Axonopus compressus*). São as forrações ideais e que demoram para ultrapassar a altura de 30 cm, limite considerado por norma para executar a roçada. No entanto, estas forrações estão frequentemente infestadas por gramíneas exóticas invasoras de elevado porte como braquiária decumbens, capim colônia (*Panicum maximum*), capim napier (*Pennisetum clandestinum*), capim massambará (*Sorghum*

halepense), dentre outros. Estas plantas apresentam rápido crescimento vertical e atingem 30 cm de maneira bastante rápida, o que determina a necessidade de elevada frequência de corte para cumprir as normas vigentes. Na realidade, são as infestações de plantas daninhas, as principais determinantes da elevada frequência de roçadas. Outra observação importante é que pelas normas brasileiras, a manutenção da forração baixa é numa faixa de dois metros a partir do acostamento

A situação mais comum nas áreas mais remotas das rodovias sob concessão da Arteris e, com grande probabilidade, a braquiária decumbens constitui a maior parte do trecho global operado por essa concessionária. São áreas antigas em que não ocorreu plantio de forração original, ficando por conta da vegetação que emergiu espontaneamente na área ou está infestada pelas plantas exóticas invasoras há muito tempo, sendo cuidada apenas por roçadas mecanizadas, as quais favorecem as colonizações das plantas daninhas. Há áreas laterais e canteiros centrais que são densamente colonizados pela braquiária, capim-colonião e capim-napier.

A opção mais razoável para essas áreas é que se passe a conviver com a cobertura de braquiária decumbens em função de seu pequeno porte, elevada agressividade na competição com outras espécies, capacidade de crescimento numa maior gama de solos com valores de fertilidade e propriedades físicas diferentes e pela possibilidade do manejo hormonal de seu crescimento. Seu crescimento é menor que as demais gramíneas exóticas invasoras e, neste trabalho, foi mostrada a viabilidade de seu manejo com fitoreguladores.

Os produtos gerados neste projeto foram: um relatório consubstanciado mostrando a eficácia e viabilidade técnica do uso de fitoreguladores no manejo das faixas verdes laterais em rodovias e um plano de manejo de vegetação para as rodovias concessionadas para o Grupo Arteris.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, R.; WEILER, E.W.; KERBER, E.; PFISTER, K.; H.P. Studies on the action of the new growth retardant CGA 163935. In: British Crop Protection Conference, Brighton, 1991. **Proceedings**, p. 1133-1138.

ARTECA, R.N. **Plant growth substances: principles and applications**. New York, Champman & Hall, 1995. 332p.

BASF. Arsenal® NA. Bula. In: <https://agriculture.basf.com/br/não/pragas-urbanas-e-rurais/produtos/arsenal-na.html>, acesso em 02 de dezembro de 2020.

BRASIL a, Ibama. Certificado de Registro nº 0538534/2017-CCONP/CGASQ/DIQUA. In: https://www.ibama.gov.br/phocadownload/agrotoxicos/agrotoxicos-de-uso-não-agricola/registrados/2018/2018-04-19-garlon_na.pdf, acesso em 02 de dezembro de 2020.

BRASIL b, Ministério do Trabalho. https://sit.trabalho.gov.br/portal/images/SST/SST_normas_regulamentadoras/NR-31.pdf, Acesso em 02 de dezembro de 2020.

BUSH, E. W.; PORTER, W. C. Controlling growth of common carpetgrass using selected plant growth regulators. **HortScience**, v. 4, p. 704-706, 1998.

COSTA, N. V.; MARTINS, D.; RODELLA, R.A.; RODRIGUES, A.C.P.. Características morfológicas de gramas em exposição à aplicação de trinexapaque-etílico. **Planta Daninha**, v. 27, p. 113-122, 2009.

DAVIS, T.D.; CURRY, E.A. Chemical regulation of vegetative growth. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 10, p. 151-188. 1991.

DERNOEDEN, P. H. Four-year response of a Kentucky bluegrass-red fescue turf to plant growth retardants. **Agronomy Journal**, v. 76, p. 807-813, 1984.

DINALLI RP, BUZETTI S, GAZOLA RN, CASTILHO RMM, CELESTRINO TS, DUPAS E. Doses de nitrogênio e aplicação de herbicidas como reguladores de crescimento em grama esmeralda. **Semina: Ciência Agrícola**, v. 36, p. 1875-894, 2015

ERVIN, E.H.; KOSKI, A.J. Kentucky Bluegrass Growth Responses to Trinexapaque-etílico, Traffic, and Nitrogen. **Crop Science**, v. 41, p. 1871-1877, 2001.

ESTEVO, A.P. **Effect of plant growth regulator trinexapaque-etílico in cultivars of rice**. – Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2013. Dissertação, 74p.

FAGEMESS, M.L & PENNER, D. Evaluation of V-10029 and trinexapaque-etílico for annual bluegrass seed head suppression and growth regulation of five cool-season turfgrass species. **Weed Technology**, v. 12, p. 436-440, 1998a

FAGERNESS, M.J; PENNER, D. Spray application parameters that influence the growth inhibiting effects of trinexapaque-etílico. **Crop Science**, v. 38, p. 1028-1035. 1998b

FREITAS, F.C.L.; FERREIRA, L.R.; SILVA, A.A.; BARBOSA, J.G.; MIRANDA, G.V. Efeitos do trinexapaque-etílico sobre o crescimento e florescimento da grama-batatais. **Planta Daninha**, v. 20, p. 477-486, 2002.

GAZOLA RPD, BUZETTI S, GAZOLA RDN, CASTILHO RMMD, TEIXEIRA FILHO MCM, CELESTRINO TDS, et al. Nitrogen dose and type of herbicide used for growth regulation on the green coloration intensity of Emerald grass. **Ciência Rural**, v. 46, p. 984-990, 2016.

GAZOLA, R.P.D., BUZETTI, S.; GAZOLLA, R.N.; CASTILHO, R.M.M.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; CELESTRINO, T.S. Nitrogen fertilization and glifosato doses as growth regulators in Esmeralda grass. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, p. 930-936, 2019

GITTI DC, ARF O, PERON IBG, PORTUGAL JR, CORSINI DCDC, RODRIGUES RAF. Glifosato como regulador de crescimento em arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, p. 500-5007, 2011.

GOATLEY JUNIOR, J. M.; MADDOX, V. L.; WATKINS, R. M. Growth regulation of bahiagrass (*Paspalum notatum* Fluegge) with imazaquin and AC 263,222. **HortScience**, v. 31, p. 396- 399, 1996.

GOATLEY, J.M.; MADDOX, V.L.; WATKINS., R.M. Bahia grass response to a plant growth regulator as affected by mowing interval. **Crop Science**, v. 38, p. 196-200, 1998.

GREEN, R. G.; KIM, K.S.; BEARD, J.B. et al. Effects of flurprimidol, mefluidide, and soil moisture on St. Augustinegrass evapotranspiration rate. **Hortscience**, v. 25, p. 469-441, 1990.

JIANG, H.; FRY, J. Drought responses of perennial ryegrass treated with plant growth regulators. **Hortscience**, v. 33, p. 270-273, 1998.

JOHNSON, B. J. Frequency of plant growth regulators and mowing treatments: effects on injury and suppression of centipede grass. **Agronomy Journal**, v. 85, p. 276-280, 1993.

JOHNSON, B. J. Growth of ‘Tifway’ bermudagrass following application of nitrogen and iron with trinexapaque-etílico. **Hortscience**, v. 32, p. 241-242, 1997.

JOHNSON, B. J. Influence of plant growth regulators and mowing two bermudagrasses. **Agronomy Journal**, v. 86, p. 805-810, 1994.

- JOHNSON, B. J. Response of ‘Tifway’ bermudagrass to rate and frequency of flurprimidol and paclobutrazol application. **Hortscience**, v. 27, p. 230-233, 1992.
- KAUFMANN, J.E. The role of PGR science in chemical vegetation control. In: Plant Growth Regulation Society of American, 13º, St. Petersburg, 1986. **Proceedings**, p.2-14,
- KUVA, M.M.; PITELLI, R.R.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; ALVES, P.L.C.A. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. I. tiririca. **Planta Daninha**, v. 18, p. 241-251, 2000
- LEITE, G.H.P.; CRUSCIOL, C.A.C. Reguladores vegetais no desenvolvimento e produtividade da cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 995-1001. 2008.
- LEWIS, K.A.; TZILIVAKIS, J.; WARNER, GREEN, A. An international database for pesticide risk assessments and management. **Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal**, V.22, p. 1050-1064, 2016.
- LICKFELDT, D. W.; GARDNER, D.S.; BRANHAN, B.E.; VOIGT, T.B. Implications of repeated trinexapaque-etílico applications on Kentucky bluegrass. **Agronomy Journal**, v. 93, p. 1164-1168, 2001.
- MCELROY, M.T., P.E. RIEKE, S.L. MCBURNEY, AND I.E. KAUFMANN. Efficacy of six plant growth regulators on Michigan roadside grasses. In **Agronomy Abstracts**. ASA, Madison, WI., 1983, p. 128
- NORTOX. Glifosato Nortox 480 NA. Bula. In: <https://www.nortox.com.br/wp-content/uploads/2020/03/Glifosato-Nortox-480-NA-Bula-VER-00-07.10.2019.pdf>, \cesso de 02 de dezembro de 2020.
- QIAN, Y.L. & ENGELKE, M.C. Influence of trinexapaque-etílico on Diamond zoysia grass in a shade environment. **Crop Science**, v. 39, p. 202-208. 1999.
- QIAN, Y.L.; ENGELKE, M.V.; FOSTER, M.J.V.; REYNOLDS, S. Trinexapaque-etílico restricts shoot growth and improves quality of Diamond zoysia grass under shade. **HortScience**, v. 33, p. 1019-1022, 1998.
- RODRIGUES, B.N. **Guia de Herbicidas**. 7º ed. Londrina, Produção Independente, 2018. 764 p.
- RODRIGUES, J.D., GODOY, J.L.G.; ONO, E.O. Reguladores vegetais: bases e princípios para sua utilização em gramados. In: Simpósio Sobre Gramados – “Produção, Implantação e Manutenção”. Botucatu, 1º, 2003. **Anais**, 16 p.
- SANDBRINK, I.I.; KAUFMANN, I.E.; STEHLING, S.J.; THIBODEAU, P.S. Application timing of MON-4620 on cool-season. grasses. p. 130. In **Agronomy abstracts**. ASA, Madison, WI 1983.

STEHLING, S.I.; KAUFMANN, I.E.; SANDBRINK, I.I.; THIBODEAU, P.S. Range of application rates of MON-4620 for efficacy, safety and uniform turfgrass response. p. 130. In **Agronomy abstracts**. ASA, Madison, WI 1983.

VELINI, E.D. Utilização de fitoreguladores em gramados. In: Simpósio Sobre Gramados – “Produção, Implantação e Manutenção”. Botucatu, 1º, 2003. **Anais**, 16 p.

WATSCHKE, T. L.; DIPOLA, J. M. Plant growth regulators. **Golf Course Management.**, v. 63, p. 59-62, 1995.

WITKOWICZ, R. How do mineral fertilization and plant growth regulators affect yield and morphology of naked oat? **Communications in Biometry and Crop Science**, v.5, p.96-107, 2010.

6. ANEXOS

Anexo 01 – Plano de Manejo Integrado da Vegetação.

Anexo 02 – Relatório Resumo de Atividades