

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**MONITORAMENTO DA COMUNIDADE DE PLANTAS
DANINHAS NA CANA-DE-AÇÚCAR E DA EFICIÊNCIA DE
CONTROLE QUÍMICO POR MEIO DE TÉCNICAS DE ANÁLISE
MULTIVARIADA DE DADOS**

Vanessa Luzia Squassoni

Engenheira Agrônoma

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Fevereiro de 2012

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**MONITORAMENTO DA COMUNIDADE DE PLANTAS
DANINHAS NA CANA-DE-AÇÚCAR E DA EFICIÊNCIA DE
CONTROLE QUÍMICO POR MEIO DE TÉCNICAS DE ANÁLISE
MULTIVARIADA DE DADOS**

Vanessa Luzia Squassoni

Orientador: Prof. Dr. Pedro Luis da Costa Aguiar Alves

Co-orientador: Dr. Marcos Antonio Kuva

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Fevereiro de 2012

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

VANESSA LUZIA SQUASSONI – é natural de São Carlos, SP (03/04/1985), onde cursou e completou o primeiro e o segundo grau. Entre março de 2004 e dezembro de 2008 cursou Agronomia na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP – Campus de Jaboticabal), sendo que durante boa parte do curso dedicou-se à iniciação científica desenvolvendo o trabalho de graduação e participando de vários trabalhos de pesquisa na área de fitopatologia, sob a supervisão do professor Doutor Antonio de Goes. De julho a dezembro de 2008 estagiou em pesquisa e desenvolvimento na empresa Herbae Consultoria e Projetos Agrícolas Ltda., período dedicado principalmente na área de plantas daninhas e herbicidas. Em 2009 ingressou no mestrado do programa de Pós-graduação em Produção Vegetal da Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal, SP, com orientação do Professor Doutor Pedro Luis da Costa Aguiar Alves e co-orientação do Doutor Marcos Antonio Kuva, desenvolvendo dissertação relacionada ao tema plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. A partir de julho de 2010, trabalha em pesquisa e desenvolvimento de novas moléculas herbicidas para diversas culturas, na Estação Experimental da empresa Iharabras S.A. Indústrias Químicas.

“Diante da vastidão do espaço e da imensidade do tempo, é uma alegria para mim,
partilhar um planeta e uma época com você.”

Carl Sagan

"Todos aqueles que encontramos profundamente, nos formam, nos modificam, nos
constroem."

Anônimo

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus por me acompanhar e guiar em todos os meus caminhos.

Aos meus pais, José Roberto e Ezilda por fazerem a diferença e acreditarem em mim.

A todas as pessoas especiais que dividiram seu tempo comigo, me acompanharam e fizeram parte dessa realização.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família pelos esforços que empenharam em toda a minha vida educacional e por fazerem os meus sonhos tornarem realidade.

Às minhas irmãs Carolina e Natália, pela torcida, incentivo e constante ajuda.

Ao João Gabriel, pelo encorajamento, paciência e carinho com que vem me acompanhando nas etapas e realizações de minha vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Pedro Luis da Costa Aguiar Alves, por ter me recebido com prontidão, atenção e por ter acreditado e investido em mim. Muito obrigada!

Ao meu co-orientador Dr. Marcos Antonio Kuva, por ter despertado em mim o gosto pela pesquisa, por ter dividido e compartilhado seus conhecimentos, muitos deles, que não são aprendidos nos livros.

Agradeço ao Renato Zacarias da Usina Santa Cruz pela colaboração com o fornecimento de todas as informações necessárias para a realização e concretização deste estudo. Meu muito obrigada pela prontidão e ajuda!

Aos membros da banca examinadora no Exame de Qualificação e na Defesa da dissertação, Prof^o Dr^o Antonio Sergio Ferraudo, Dr. Roberto Estevão Toledo e Dr. Carlos Alberto Mathias Azania, pelas críticas e sugestões.

A todos os companheiros e amigos do LAPDA - Laboratório de Plantas Daninhas: vocês fizeram o caminho mais iluminado e tornaram a jornada mais alegre!

Ao Prof^o Dr^o Antonio Sergio Ferraudo e à sua orientada Marina Junqueira Franco de Castro pelo auxílio nas análises estatísticas.

A Gisele C. Fávero, Taís Ferreira de Almeida, Gabriela Cintra, pela amizade sincera, pelas palavras de ânimo e incentivo ao longo de toda a jornada. Que a nossa amizade se perpetue por toda a vida! Vocês são muito queridas!

Agradeço à IHARA pelo apoio e pela oportunidade de crescimento profissional, em especial aos companheiros e amigos da Estação Experimental pelo convívio diário.

Meus sinceros agradecimentos ao Programa de Pós-graduação em Agronomia – Produção Vegetal, pela oportunidade concedida.

A todas as pessoas que contribuíram com este estudo, de forma direta ou indireta, com ensinamentos, trabalho, palavras, ternura e como fontes de suporte.

Muito obrigada! Tenho muito carinho por todos vocês!

SUMÁRIO

RESUMO.....	17
ABSTRACT	19
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
Introdução	1
Revisão bibliográfica	3
A cultura da cana-de-açúcar e sua importância econômica.....	3
Plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar	7
Interferência das plantas daninhas na cana-de-açúcar	10
Controle químico de plantas daninhas na cana-de-açúcar	12
Sistemas de monitoramento de plantas daninhas.....	14
CAPÍTULO 2 – PADRÕES DE COMUNIDADES DE PLANTAS DANINHAS OBSERVADOS NA AUSÊNCIA E PRESENÇA DE HERBICIDAS NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	23
Introdução	25
Material e métodos.....	27
Resultados e discussão.....	30
Conclusões.....	42
CAPÍTULO 3 – USO DA ANÁLISE DISCRIMINANTE LINEAR PARA AVALIAÇÃO DO CONTROLE QUÍMICO DE PLANTAS DANINHAS EM ÁREAS DE CANA-DE- AÇÚCAR	43
Introdução	44
Material e Métodos.....	45
Resultados e Discussões	49
Conclusões.....	63

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
Tabela 1. Principais países produtores de cana-de-açúcar em 2010 (Fonte: FAO, 2010).	4
CAPÍTULO 2 – PADRÕES DE COMUNIDADES DE PLANTAS DANINHAS OBSERVADOS NA AUSÊNCIA E PRESENÇA DE HERBICIDAS NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	23
Tabela 1. Regra utilizada para atribuição de valores numéricos que sumarizam nível de infestação de plantas daninhas e nível de controle obtido com o tratamento químico empregado.....	29
Tabela 2. Categorias de plantas daninhas para 1, 2, 3, 4 e 5% de participação mínima da composição específica.	31
Tabela 3. Taxas de acertos e erros resultantes da análise discriminante quanto ao nível do controle químico dos tratamentos aplicados.	38
Tabela 4. Distribuição percentual dos registros pertencentes aos diferentes subgrupos dentro de cada nível de controle.	40
Tabela 5. Taxas de acertos e erros resultantes da análise discriminante da fase de teste e de construção do modelo quanto ao nível do controle químico dos tratamentos aplicados.	41
CAPÍTULO 3 – USO DA ANÁLISE DISCRIMINANTE LINEAR PARA AVALIAÇÃO DO CONTROLE QUÍMICO DE PLANTAS DANINHAS EM ÁREAS DE CANA-DE-AÇÚCAR	43
Tabela 1. Regra utilizada para atribuição de valores numéricos que sumarizam nível de infestação de plantas daninhas e nível de controle obtido com o tratamento químico empregado.....	47

Tabela 2. Taxas de acertos e erros resultantes da análise discriminante quanto ao nível do controle químico dos tratamentos aplicados.	49
Tabela 3. Distribuição percentual de casos de satisfação e insatisfação para diferentes tratamentos químicos utilizados no programa de controle de plantas daninhas na usina Santa Cruz.	51

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
Figura 1. Evolução na produção de cana-de-açúcar ao longo do tempo (Fonte: FAO; 2010).	5
Figura 2. Distribuição do setor sucroalcooleiro no território brasileiro (Fonte: ÚNICA, 2011).	6
CAPÍTULO 2 – PADRÕES DE COMUNIDADES DE PLANTAS DANINHAS OBSERVADOS NA AUSÊNCIA E PRESENÇA DE HERBICIDAS NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	23
Figura 1. Dendrograma resultante da análise de agrupamento por método hierárquico (processada com a distância euclidiana simples e o método de ligação Ward), realizado com as porcentagens de cobertura das diferentes espécies ou conjunto de espécies de planta daninha em talhões de cana-de-açúcar.....	33
Figura 2. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle satisfatório e insatisfatório para infestação geral de plantas daninhas.	39
CAPÍTULO 3 – USO DA ANÁLISE DISCRIMINANTE LINEAR PARA AVALIAÇÃO DO CONTROLE QUÍMICO DE PLANTAS DANINHAS EM ÁREAS DE CANA-DE-AÇÚCAR.....	43
Figura 1. Número de registros para cada tratamento químico presente no banco de dados de áreas de cana-de-açúcar da usina Santa Cruz monitorados em 2008 e 2009.	52
Figura 2. Gráfico bidimensional resultante da análise discriminante linear contendo talhões de cana-de-açúcar com controle satisfatório e insatisfatório das plantas daninhas com destaque para os talhões tratados com a combinação Dinamic + DMA 806 + Provence.	53

- Figura 3. Gráfico bidimensional resultante da análise discriminante linear contendo talhões de cana-de-açúcar com controle satisfatório e insatisfatório das plantas daninhas com destaque para os talhões tratados com a combinação Dinamic + Velpar K..... 54
- Figura 4. Gráfico bidimensional resultante da análise discriminante linear contendo talhões de cana-de-açúcar com controle satisfatório e insatisfatório das plantas daninhas com destaque para os talhões tratados com a combinação Velpar K + Provence..... 54
- Figura 5. Gráfico bidimensional resultante da análise discriminante linear contendo talhões de cana-de-açúcar com controle satisfatório e insatisfatório das plantas daninhas com destaque para os talhões tratados com a combinação Combine + Provence..... 55
- Figura 6. Gráfico bidimensional resultante da análise discriminante linear contendo talhões de cana-de-açúcar com controle satisfatório e insatisfatório das plantas daninhas com destaque para os talhões tratados com a combinação Boral + DMA 806 + Velpar K. 57
- Figura 7. Gráfico bidimensional resultante da análise discriminante linear contendo talhões de cana-de-açúcar com controle satisfatório e insatisfatório das plantas daninhas com destaque para os talhões tratados com a combinação Boral + Velpar K. 57
- Figura 8. Gráfico bidimensional resultante da análise discriminante linear contendo talhões de cana-de-açúcar com controle satisfatório e insatisfatório das plantas daninhas com destaque para os talhões tratados com a combinação Krismat + Velpar K..... 58
- Figura 9. Gráfico bidimensional resultante da análise discriminante linear contendo talhões de cana-de-açúcar com controle satisfatório e insatisfatório das plantas daninhas com destaque para os talhões tratados com a combinação Velpar K. 59
- Figura 10. Gráfico bidimensional resultante da análise discriminante linear contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle satisfatório e insatisfatório das

plantas daninhas com destaque para talhões onde o custo médio de tratamento foi de US\$24,20 até US\$65,80.....	60
Figura 11. Gráfico bidimensional resultante da análise discriminante linear contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle satisfatório e insatisfatório das plantas daninhas com destaque para talhões onde o custo médio de tratamento foi de US\$65,81 até US\$107,41.....	60
Figura 12. Gráfico bidimensional resultante da análise discriminante linear contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle satisfatório e insatisfatório das plantas daninhas com destaque para talhões onde o custo médio de tratamento foi de US\$107,42 até US\$149,02.....	62
Figura 13. Gráfico bidimensional resultante da análise discriminante linear contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle satisfatório e insatisfatório das plantas daninhas com destaque para talhões onde o custo médio de tratamento foi de US\$149,03 até US\$190,62.....	62
Figura 14. Nível de controle, satisfatório ou insatisfatório, proporcionado por tratamentos de quatro diferentes faixas de custos em US\$/ha.	63

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICES A - DENDROGRAMAS RESULTANTES DA ANÁLISE DE AGRUPAMENTO	74
Figura 1A. Detalhamento do Grupo A do dendrograma resultante da análise de agrupamento realizado com as porcentagens de cobertura das diferentes espécies ou conjunto de espécies de planta daninha em talhões de cana de açúcar.	74
Figura 2A. Detalhamento do Grupo B do dendrograma resultante da análise de agrupamento realizado com as porcentagens de cobertura das diferentes espécies ou conjunto de espécies de planta daninha em talhões de cana de açúcar.	74
APÊNDICES B - GRÁFICOS BIDIMENSIONAIS GERADOS POR ANÁLISE DISCRIMINANTE	75
Figura 1B. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle SATISFATÓRIO e INSATISFATÓRIO para infestação geral de plantas daninhas e na cor azul os talhões contidos no subgrupo A1.....	75
Figura 2B. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle SATISFATÓRIO e INSATISFATÓRIO para infestação geral de plantas daninhas e na cor azul os talhões contidos no subgrupo A2.....	75
Figura 3B. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle SATISFATÓRIO e INSATISFATÓRIO para infestação geral de plantas daninhas e na cor azul os talhões contidos no subgrupo A3.....	76
Figura 4B. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle SATISFATÓRIO e INSATISFATÓRIO para infestação geral de plantas daninhas e na cor azul os talhões contidos no subgrupo A4.....	76

Figura 5B. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle SATISFATÓRIO e INSATISFATÓRIO para infestação geral de plantas daninhas e na cor azul os talhões contidos no subgrupo A5.....	77
Figura 6B. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle SATISFATÓRIO e INSATISFATÓRIO para infestação geral de plantas daninhas e na cor azul os talhões contidos no subgrupo A6.....	77
Figura 7B. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle SATISFATÓRIO e INSATISFATÓRIO para infestação geral de plantas daninhas e na cor azul os talhões contidos no subgrupo A7.....	78
Figura 8B. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle SATISFATÓRIO e INSATISFATÓRIO para infestação geral de plantas daninhas e na cor azul os talhões contidos no subgrupo A8.....	78
Figura 9B. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle SATISFATÓRIO e INSATISFATÓRIO para infestação geral de plantas daninhas e na cor azul os talhões contidos no subgrupo A9.....	79
Figura 10B. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle SATISFATÓRIO e INSATISFATÓRIO para infestação geral de plantas daninhas e na cor azul os talhões contidos no subgrupo A10.....	79
Figura 11B. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle SATISFATÓRIO e INSATISFATÓRIO para infestação geral de plantas daninhas e na cor azul os talhões contidos no subgrupo A11.....	80
Figura 12B. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle SATISFATÓRIO e	

INSATISFATÓRIO para infestação geral de plantas daninhas e na cor azul os talhões contidos no subgrupo A12.....	80
Figura 13B. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle SATISFATÓRIO e INSATISFATÓRIO para infestação geral de plantas daninhas e na cor azul os talhões contidos no subgrupo A13.....	81
Figura 14B. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle SATISFATÓRIO e INSATISFATÓRIO para infestação geral de plantas daninhas e na cor azul os talhões contidos no subgrupo A14.....	81
Figura 15B. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle SATISFATÓRIO e INSATISFATÓRIO para infestação geral de plantas daninhas e na cor azul os talhões contidos no subgrupo B1.....	82
Figura 16B. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle SATISFATÓRIO e INSATISFATÓRIO para infestação geral de plantas daninhas e na cor azul os talhões contidos no subgrupo B2.....	82
Figura 17B. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle SATISFATÓRIO e INSATISFATÓRIO para infestação geral de plantas daninhas e na cor azul os talhões contidos no subgrupo B3.....	83
Figura 18B. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle SATISFATÓRIO e INSATISFATÓRIO para infestação geral de plantas daninhas e na cor azul os talhões contidos no subgrupo B4.....	83
APÊNDICES C – TABELAS UTILIZADAS PARA ORGANIZAÇÃO DO BANCO DE DADOS E ELABORAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	84
Tabela 1C. Informações de campo organizadas de forma estruturada.....	84

Tabela 2C. Planilha de campo com informações de infestação e controle de plantas daninhas no formato inadequado para a realização das análises estatísticas.	84
Tabela 3C. Planilha de campo com informações de infestação de plantas daninhas no formato adequado para a realização das análises estatísticas.	85
Tabela 4C. Planilha de campo com informações de controle de plantas daninhas no formato adequado para a realização das análises estatísticas.	85
Tabela 5C. Planilha organizada para cálculo da média ponderada para posterior realização da análise discriminante linear.	86
Tabela 6C. Planilha organizada para classificação do nível de controle em SATISFATÓRIO, INTERMEDIÁRIO E INSATISFATÓRIO, através da média ponderada, para posterior realização da análise discriminante linear.	86
Tabela 7C. Planilha organizada para preenchimento da matriz (através da regra utilizada para atribuição de valores numéricos (matriz) que sumarizam nível de infestação de plantas daninhas e nível de controle obtido com o tratamento químico empregado).	87
Tabela 8C. Planilha utilizada para levantamento do número de tratamentos químicos aplicados e para posterior cálculo do custo destes tratamentos.	87
Tabela 9C. Planilha utilizada para cálculo do custo dos tratamentos químicos utilizados.	88
Tabela 10C. Planilha utilizada para cálculo do custo dos tratamentos químicos utilizados.	88
Tabela 11C. Planilha utilizada para facilitar a interpretação dos resultados obtidos através da análise de agrupamento e da análise discriminante linear.	89

MONITORAMENTO DA COMUNIDADE DE PLANTAS DANINHAS NA CANA-DE-AÇÚCAR E DA EFICIÊNCIA DE CONTROLE QUÍMICO POR MEIO DE TÉCNICAS DE ANÁLISE MULTIVARIADA DE DADOS

RESUMO – Para minimizar os efeitos negativos da interferência das plantas daninhas, o controle químico é o método mais utilizado nos canaviais devido à praticidade e o menor custo. O processo de controle de plantas daninhas é governado por muitas variáveis, ou seja, é multivariado. Entre a escolha do tratamento químico e o resultado final de controle das plantas daninhas atuam vários fatores, o que explicam a grande variabilidade de resultados de controle que se obtém nos canaviais. Quanto maior for o conhecimento sobre a ação integrada desses fatores, melhor será a escolha do tratamento químico para cada unidade de área, daí a necessidade de se organizar os fatores envolvidos num banco de dados e analisá-los. Neste processo, dois pontos são fundamentais: o conhecimento da flora de plantas daninhas e da sua organização e o controle de resultados proporcionados pelos diferentes tratamentos químicos. Desta forma, utilizando técnicas de análise exploratória de dados através da análise de agrupamento e análise discriminante linear, objetivou-se com este estudo: organizar as comunidades de plantas daninhas em agrupamentos padrões; avaliar com que eficácia estão sendo tratados os principais tipos de infestação predominantes nesses canaviais; avaliar a eficiência dos principais tratamentos químicos aplicados, assim como a sua relação com o custo dos tratamentos empregados. Para isso, utilizou-se um banco de dados de até 250 registros de talhões de cana-de-açúcar, contendo informações de infestação e controle de plantas daninhas, e tratamentos químicos empregados, que foram fornecidos pela Usina Santa Cruz, localizada em Américo Brasiliense, SP. A coleta de dados foi realizada nos anos de 2009 e 2010, através de um sistema de monitoramento na cana soca e cana planta, e foram organizados em tabelas cadastrais e posteriormente foram submetidos às análises estatísticas multivariadas. Através da análise de agrupamento, foram detectados dois grandes grupos de talhões: um com alta infestação e outro com baixa infestação, sendo que dentro de cada grupo foram

detectados subgrupos de acordo com a composição de espécies. A análise discriminante linear possibilitou avaliar a proporção entre casos de sucesso e de fracasso no controle de plantas daninhas para cada padrão de infestação, além de possibilitar a verificação do nível de eficiência obtido com a aplicação dos principais tratamentos químicos no controle de comunidades infestantes de plantas daninhas, discriminando-os em casos satisfatórios ou insatisfatórios.

Palavras-Chave: *Saccharum* spp., herbicidas, análise de agrupamento, análise discriminante

MONITORING OF THE WEED COMMUNITY OF SUGARCANE AND CHEMICAL CONTROL EFFICIENCY THROUGH MULTIVARIATE DATA ANALYSIS

ABSTRACT – Chemical control is the most commonly used method on sugarcane fields to minimize the negative effects of weed interference, due to its convenience and low cost. The weed control process is ruled by many variables – *i.e.* a multivariate process. Several factors are present between choosing the chemical treatment and the final outcome of weed control – this may explain the great variability of control results that can be obtained from sugarcane fields. As knowledge of the integrated action of factors expands, the better are the choices for chemical treatment on each unit area – hence the need to organize the involved factors in a database and analyze them. Two are the key points during the process: knowledge of weed flora and their organization; and control of results provided by each chemical treatment. This way, by using exploratory data analysis techniques through cluster analysis and linear discriminant analysis, the objective of this study was to: organize weed communities into default clusters: evaluate how efficiently the main types of infestation that predominate in those sugarcane fields are being addressed; evaluate the efficiency of the main chemical treatments used, as well as the cost of the applied treatments. For this, we used a database of up to 250 registrations of sugarcane plots, with information about infestation and weed control and chemical treatment used – this information was provided by Santa Cruz Mill, which is located in the city of Américo Brasiliense-SP. Data collection was carried out during 2009 and 2010, through a monitoring system of plant cane and ratoon cane; data was organized into registration tables, to be later submitted to multivariate statistical analysis. Two large groups of plots were detected through cluster analysis: one with high infestation and other with low infestation; subgroups were detected inside each group, according to their species' composition. Linear discriminant analysis allowed us to evaluate the success and failure cases proportion on weed control for each infestation pattern; it also allowed us to verify the efficiency level obtained with the application of the

main chemical treatments to control infesting communities of weed, subdividing them into satisfactory or unsatisfactory cases.

Keywords: *Saccharum* spp., herbicides, cluster analysis, discriminant analysis

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

Introdução

Nas últimas duas décadas o Brasil manteve a liderança na produção mundial de cana-de-açúcar e seus derivados e, desde o ano 2000, apresentam aumento na sua produção acumulando um crescimento de 119% até a safra 2010, quando o Brasil se destacou com produção total de 719.157 mil toneladas de cana, o que corresponde a 43% da produção mundial (FAO, 2010).

Diante da importância socioeconômica da cana-de-açúcar para o Brasil é necessário que o seu cultivo seja realizado com alta tecnologia, para que atinja excelência em produtividade com mínimo de interferência negativa de fatores bióticos e abióticos. Dentre os fatores bióticos que podem interferir negativamente na produtividade da cana-de-açúcar, destaca-se a presença de comunidades de plantas daninhas. A interferência negativa das plantas daninhas é representada pelos entraves aos processos do sistema de produção com destaque para a colheita, pela competição por água, luz e nutrientes, pela atuação como hospedeiras de doenças e pragas e pela possibilidade de liberação de substâncias alelopáticas no solo.

Para minimizar os efeitos negativos da comunidade de plantas daninhas, o mais comum na cultura da cana-de-açúcar é recorrer à aplicação de herbicidas químicos. Registrado junto ao ministério da agricultura para utilização nos canaviais, existem mais de quarenta moléculas de herbicidas pertencentes a diferentes mecanismos de ação. Esses herbicidas apresentam diferenciação quanto ao mecanismo de ação nas características físico-químicas e conseqüentemente no espectro de plantas daninhas controladas. Além disso, a dinâmica dos mesmos é influenciada diretamente pelos fatores do ambiente que, por sua vez, podem ser modificados, em parte, pelas técnicas de manejo imposto pelo homem. Somando-se a isso, deve-se destacar que a associação dupla ou tripla de diferentes formulações comerciais de herbicidas é prática comum no setor canavieiro.

Vale lembrar ainda que as comunidades de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar estão em constante mudança em resposta às alterações no sistema produtivo, que são realizados para atender outros processos. Um exemplo disso é a alteração que ocorreu com a modificação do sistema de colheita de cana queimada para cana-crua e os seus reflexos sobre o tamanho e sobre a composição da comunidade de plantas daninhas. Essas alterações na flora de plantas daninhas devem ser acompanhadas e exigem modificações no manejo dos canaviais, pois, do contrário, o sucesso no controle não será atingido.

O sucesso do controle químico de plantas daninhas depende do conhecimento da interação de fatores ligados ao manejo da cultura, à comunidade de plantas daninhas, aos herbicidas e às condições edáficas e climáticas presentes nos períodos próximos que antecedem ou sucedem à aplicação dos tratamentos químicos. Quanto maior for o conhecimento sobre essas interações, maiores serão as chances de obtenção de sucesso no controle.

Sendo assim, escolher uma opção de tratamento químico dentre as várias disponíveis para aplicar em uma gama muito grande de condições de clima e manejo, visando controlar diferentes alvos, não é tarefa muito fácil para os técnicos envolvidos na recomendação. Devido à complexidade que envolve o processo de controle de plantas daninhas, a escolha dos tratamentos químicos é realizada muitas vezes de forma subjetiva, ou seja, sem apoio de um banco de dados. Devido a esta subjetividade é comum à ocorrência de alguns casos de fracasso na eficácia, o que demanda complementação com uma segunda operação de controle.

Um procedimento que pode proporcionar um melhor conhecimento das interações e, conseqüentemente, proporcionar maior taxa de acerto na escolha dos tratamentos é a implantação de um sistema de monitoramento de plantas daninhas e da eficácia de controle. Nestes sistemas de monitoramento é registrada a ocorrência de plantas daninhas em áreas de observação mantidas sem aplicação de herbicidas, tratamentos químicos empregados, eficácia de controle das principais espécies, bem como as informações mais relevantes de clima, solo e manejo da cultura. O banco de

dados resultante se constitui numa fonte de consulta para melhor entender as interações e proporcionar melhor direcionamento dos tratamentos químicos.

Além da construção de um banco de dados é necessário que os dados nele contidos sejam analisados e que resultem em relatórios práticos, os quais auxiliem na tomada de decisão na escolha de tratamentos químicos e na definição de estratégias de manejo de plantas daninhas. Neste sentido, as técnicas de análise multivariada de dados podem auxiliar, dentre as quais, a análise de agrupamento e análise discriminante. Com essas técnicas são explorados os padrões de comunidades de plantas daninhas, organizá-los e associá-los com variáveis edáficas, climáticas, de manejo ou relacionadas aos herbicidas.

Com base no exposto, é notório que o melhor conhecimento da composição da comunidade de plantas daninhas e o desenvolvimento de um sistema para controle de resultados, proporcionados pelos diferentes tratamentos químicos nos diferentes cenários da cultura da cana-de-açúcar, poderão ser úteis para sustentar decisões e torná-las mais criteriosa e menos subjetiva, principalmente quando essas informações são organizadas num banco de dados e os mesmos são analisados por técnicas da estatística.

Revisão bibliográfica

A cultura da cana-de-açúcar e sua importância econômica

A cana-de-açúcar é proveniente do continente asiático e chegou ao Brasil no século XVI, trazida pelos portugueses. Sua origem advém da espécie *Saccharum officinarum* e o cruzamento com outras espécies proporcionaram híbridos naturais que foram utilizados como variedades comerciais até o início do século XIX. A cana-de-açúcar atual é resultante das ações da engenharia genética, que desenvolveu novas cultivares a partir de cruzamentos específicos. Os resultados desses cruzamentos

foram recruzados com as espécies iniciais e selecionados como opção para cultivo (SANTANA, 2010).

A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), destacou o Brasil como o maior produtor mundial, com uma produção total de 719.157 mil toneladas de cana em 2010, o que corresponde a 43% da produção mundial. A Índia aparece em segundo lugar, seguida pela China e Tailândia, respectivamente (FAO, 2010). Os demais países produtores de cana-de-açúcar, bem como informações referentes à área colhida e produção podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1. Principais países produtores de cana-de-açúcar em 2010 (Fonte: FAO, 2010).

País	Produção (mil t)	Área Colhida (mil ha)
Brasil	719.157	9.081
Índia	277.750	4.200
China	111.454	1.695
Tailândia	68.808	978
México	50.422	704
Paquistão	49.373	943
Filipinas	34.000	363
Austrália	31.457	405
Argentina	29.000	355
Indonésia	26.500	420
Estados Unidos	24.821	355
Colômbia	20.273	172
Guatemala	18.392	213
África do Sul	16.016	267
Vietnã	15.947	266
Outros	192.646	3.415
Total	1.686.014	23.832

Com relação à produção de cana-de-açúcar nas últimas duas décadas, verificou-se que o Brasil sempre manteve a liderança na produção mundial e que, desde o ano 2000, vem apresentando um aumento crescente na sua produção, o que representa um crescimento de 119% (Figura 1).

Se a economia do país continuar em crescimento nos próximos anos, a produção de cana-de-açúcar precisará aumentar pelo menos 6% ao ano para suprir o

mercado interno. O ideal seria um crescimento acima de 8% para abastecer o Brasil e exportar o excedente (AGRIANUAL, 2010).

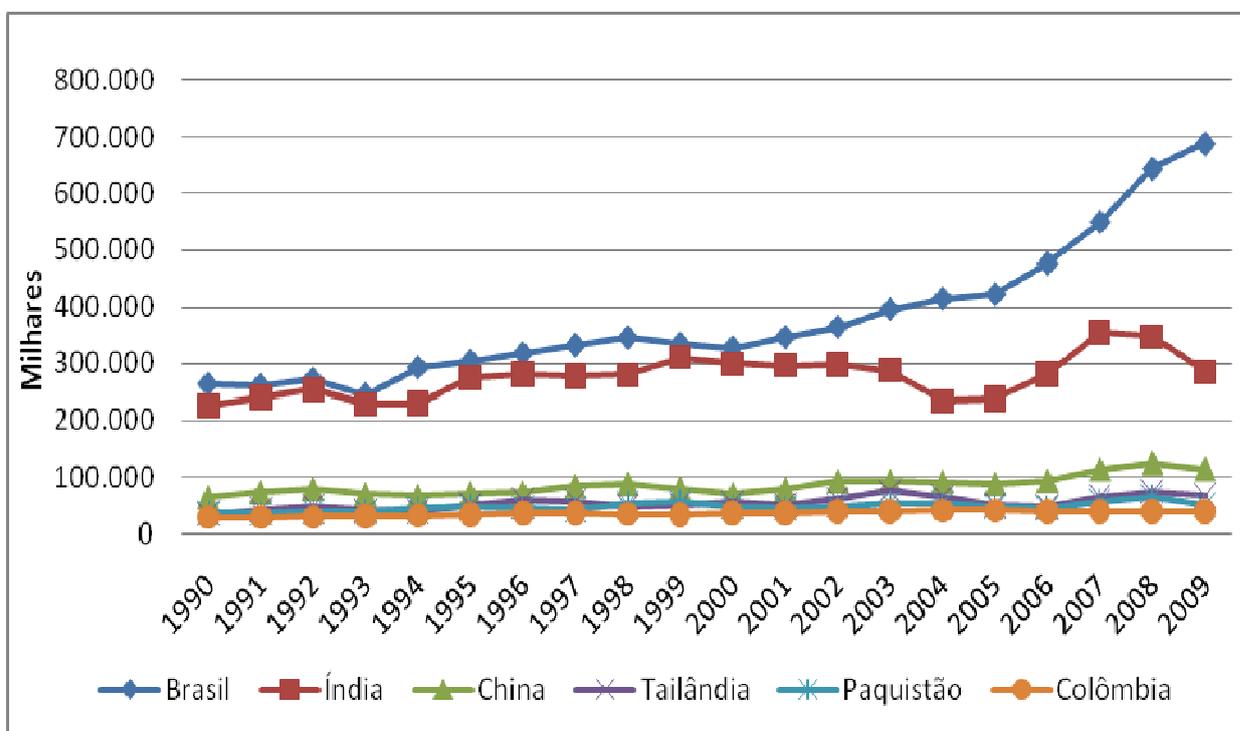


Figura 1. Evolução na produção de cana-de-açúcar ao longo do tempo (Fonte: FAO; 2010).

Segundo a UNICA - União da Indústria de Cana-de-Açúcar (2011), o Brasil apresenta área de 8.598 hectares de cana, sendo as regiões centro-sul e nordeste do país as responsáveis pela maior concentração da produção brasileira de cana-de-açúcar. A Figura 2 apresenta as regiões produtoras de cana-de-açúcar no mapa do Brasil, sendo que as regiões em vermelho representam áreas onde se concentram as plantações e usinas produtoras de açúcar, etanol e bioeletricidade.

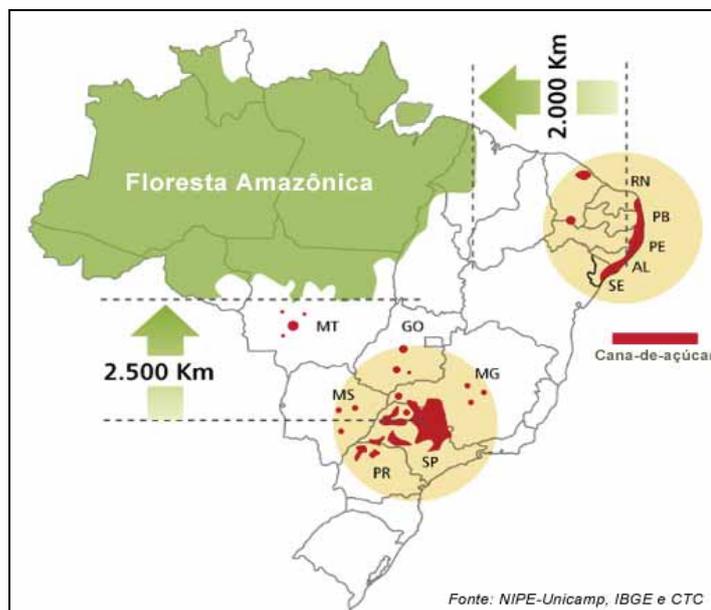


Figura 2. Distribuição do setor sucroalcooleiro no território brasileiro (Fonte: ÚNICA, 2011).

A maior expansão dos canaviais deve ocorrer, num futuro próximo, em Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais. Nos próximos anos, os novos plantios de cana-de-açúcar podem ultrapassar 1 milhão de hectares nesses estados. A proximidade dos mercados consumidores e os investimentos em logística, como alcooldutos e ferrovias, proporcionarão suporte ao aumento de canaviais nessas regiões. No médio e longo prazo, Tocantins também deverá receber novos plantios de cana-de-açúcar. Além de atender à demanda de açúcar e etanol no nordeste e no norte, a produção deste estado pode chegar ao mercado externo pela ferrovia norte-sul e o porto de São Luís. Tais fatores deverão atrair muitas usinas para Tocantins (AGRIANUAL, 2010).

O cultivo da cana-de-açúcar pode ser separado em dois grupos: cana-planta e cana-soca. Os canaviais plantados no final de cada ano se desenvolverão inicialmente sob condições de alta umidade e temperatura, será colhida após um ano e são denominados de “cana-de-ano”. Os canaviais plantados no início de cada ano serão colhidos após dezoito meses e são denominados de “cana-planta de ano e meio”. Os canaviais plantados no meio do ano são denominados de plantio de inverno. Após o

primeiro corte ocorre a rebrota e a cultura voltará a ser colhida após um ano, onde, a partir deste, todos os próximos são denominados de “cana-soca” (KUVA, 1999).

Um único plantio de cana-de-açúcar permite a realização de uma colheita anual até um limite que varia de 5 a 10 anos. Quando o aproveitamento da rebrota é encerrado, se procede à renovação do canavial com o plantio opcional de uma cultura em rotação, geralmente uma leguminosa. O grau de infestação de plantas daninhas é um fator determinante para a longevidade do canavial (KUVA, 2006).

Em função do longo período de safra da cana-de-açúcar, a brotação encontra diferentes condições ambientais de temperatura, precipitação e umidade relativa para seu crescimento inicial. No início da safra no Estado de São Paulo (abril-junho), as chuvas começam a ficar mais esparsas, mas ainda existe estoque de umidade do solo resultante das chuvas de verão, a cana-de-açúcar colhida nesta época é denominada de “soca semi-seca”. Em seguida, nos meses de junho a setembro ocorre um período de estiagem e o solo se encontra em condições de baixíssima umidade, a cana-de-açúcar colhida nesta época é denominada de “soca seca”. No final de setembro as chuvas recomeçam, há a reposição da umidade no solo, constituindo-se a “soca semi-úmida”. Com a estabilização das chuvas, constitui-se a “soca úmida” de final de safra, que vai até dezembro (KUVA, 2006).

Plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar

Segundo ARÉVALO (1979), nas diversas regiões do mundo produtoras de cana-de-açúcar são encontradas cerca de 1000 espécies de plantas daninhas. Estas plantas podem ser classificadas como dominantes, que originam a maior parte da interferência; as secundárias, que estão presentes em menor densidade e cobertura e as acompanhantes, cuja presença é ocasional e que quase não resultam em problemas econômicos aos cultivos (FERNÁNDEZ-QUINTANILLA et al, 1991).

Segundo publicação do PLANALSUCAR – IAA (1986), as mais frequentes espécies de plantas daninhas que ocorriam em canaviais até meados dos anos 80

foram as folhas estreitas anuais, como capim-colchão (*Digitaria* spp.), capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*), capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*) e capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*); folhas estreitas perenes, como grama-seda (*Cynodon dactylon*), capim-massambará (*Sorghum halepense*), capim-colonião (*Panicum maximum*) e capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*); folhas largas anuais, a exemplo de beldroega (*Portulaca oleracea*), picão-preto (*Bidens pilosa*) e carrapicho-carneiro (*Acanthospermum hispidum*); folhas largas perenes, como guanxumas (*Sida* spp.), trapoeraba (*Commelina benghalensis*) e ciperáceas, como tiririca (*Cyperus rotundus*) e tiriricão (*Cyperus esculentus*). Após 17 anos PROCÓPIO (2003) observou na região centro-sul as mesmas espécies infestando canaviais, acrescidas de capim-falso-massambará (*Sorghum arundinaceum*), corda-de-viola (*Ipomoea* spp), caruru (*Amaranthus* spp), falsa-serralha (*Emilia sonchifolia*), serralha (*Sonchus oleraceus*), mentrasto (*Ageratum conyzoides*), leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), nabiça (*Raphanus raphanistrum*) e poaia-branca (*Richardia brasiliensis*).

Confrontando as duas relações de espécies, algumas diferenças podem ser observadas, como a inclusão das espécies de corda-de-viola (*Ipomoea* spp.), leiteiro (*Euphorbia heterophylla*) e outras de folha larga na relação mais recente. Em 1986 a colheita da cana-de-açúcar era totalmente manual e a cultura previamente queimada para facilitar a operação. Em 2003 a participação da colheita mecanizada, sem queima prévia da palha, já era bastante significativa na região sudeste.

Pesquisa realizada por KUVA et al (2007) em áreas de colheita no sistema mecanizado de cana-crua, indicaram a grande importância que as plantas daninhas de folha larga e sementes grandes assumiram. Por meio de levantamentos fitossociológicos, destacaram-se várias espécies de corda-de-viola (*Ipomoea* spp e *Merremia* spp). Essa alteração na composição específica das comunidades de plantas daninhas da cana-de-açúcar está associada às alterações microclimáticas que a palha oriunda da colheita mecanizada proporciona ao ser depositada sobre o solo.

Com a mudança na legislação, proibindo a queima da cana-de-açúcar, surgiu um novo processo de produção, que resulta no acúmulo de uma camada de palha sobre o solo podendo ultrapassar 20 t ha⁻¹ (VELINI & NEGRISOLI, 2000). Como consequência,

observou-se no solo redução da amplitude térmica; alteração na qualidade e quantidade de luz; e aumento do teor de água e de matéria orgânica (VASCONCELOS, 2002). Além dos efeitos físicos, ocorrem alterações químicas e biológicas que afetam a composição de plantas daninhas, pois beneficiam determinadas espécies em detrimento de outras.

Vários estudos foram realizados para avaliar a germinação e a emergência de plantas daninhas, com a manutenção das camadas de palha. MARTINS et al. (1999), demonstraram que na palha da cultivar RB 82-5336 a espécie *Sida rhombifolia* sob quantidades superiores a 6 t ha⁻¹ diminuiu sua germinação e emergência, enquanto que as espécies *Bidens pilosa*, *Euphorbia heterophylla* e *Ipomea grandifolia* com a quantidade de palha até 15 t ha⁻¹ mantiveram-se como plantas problema com elevada taxa de germinação e emergência.

Parte destes resultados coincidiu com os obtidos por CORREIA & DURIGAN (2004), que verificaram que as espécies *Ipomoea grandifolia* e *Euphorbia heterophylla* não sofreram inibição na germinação em decorrência da presença de palha de cana-de-açúcar em condições de campo. Por outro lado, segundo VELINI et al. (2000), as espécies *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria plantaginea*, *Panicum maximum* e *Digitaria horizontalis*, foram controladas pela presença de palha na quantidade de 15 t ha⁻¹.

No caso da espécie *Cyperus rotundus*, NOVO et al. (2005) apontaram que o desenvolvimento é afetado pela presença de palha na superfície do solo, ocorrendo redução no número de brotações, na área foliar e na biomassa fresca e seca das folhas e da parte aérea total. Em contrapartida, segundo DURIGAN (2000), a tiririca foi indiferente à camada de palha e não teve brotações e manifestações epígeas inibidas ou estimuladas por essa camada. Resultados semelhantes foram obtidos na pesquisa realizada por MARTINS et al. (1999), que apontou que a barreira de palha não foi capaz de inibir a brotação e a formação da parte aérea da tiririca.

Segundo CORREIA & DURIGAN (2004), cobertura do solo com 5, 10 e 15 t ha⁻¹ de palha da cultivar SP79 2233 inibiram a emergência de plântulas das espécies *Brachiaria decumbens* e *Sida spinosa*. O mesmo ocorreu para a espécie *Digitaria horizontalis* quando a cobertura de palha foi de 10 e 15 t ha⁻¹. Para a espécie *Ipomoea*

grandifolia e *Ipomoea hederifolia*, o número de plantas emergidas não se mostrou alterado em decorrência da presença da camada de palha, independentemente da quantidade. Já, para a espécie *Ipomoea quamoclit* a presença da cobertura do solo com palha incrementou a emergência de plântulas.

LORENZI (1993) ao trabalhar com as espécies *Portulaca oleracea*, *Amaranthus deflexus*, *Panicum maximum*, *Eleusine indica* e *Digitaria horizontalis*, expondo-as a aproximadamente 12 t ha⁻¹ de palha de cana sobre o solo observou controle de 100%.

Nos últimos cinco anos, outras plantas daninhas tem se destacado nas áreas de cana-de-açúcar e frequentemente tem causado incômodo para técnicos de usinas e fornecedores, a exemplo de *Stizolobium aterrimum* (mucuna-preta), *Ricinus comunis* (Mamona), *Ruffa aegyptiaca* (Bucha), *Macroptilium atropurpureum* (Siratro), *Neonotonia wightii* (soja perene) e *Momordica charantia* (melão-de-são-caetano). Essas espécies têm mostrado grande adaptação para o sistema de produção atual e a percepção é que suas populações têm aumentando rapidamente nos canaviais do sistema mecanizado, com ou sem queima prévia da palha, pois suas sementes são eficientemente dispersados pelas colhedoras.

Nesta breve revisão, é notório que a composição de plantas daninhas nas áreas de cana é dinâmica e vem sofrendo alterações ao longo dos anos. As alterações ocorrem devido à novas introduções e à inversão de flora, em resposta às alterações microclimáticas decorrentes das modificações no sistema produtivo. Sendo assim, sistemas de monitoramento de comunidades de plantas daninhas são de extrema importância para direcionar estratégias de manejo além de direcionar a pesquisa do desenvolvimento dos futuros herbicidas voltados à cana-de-açúcar.

Interferência das plantas daninhas na cana-de-açúcar

A cultura da cana-de-açúcar, como todas as outras, está sujeita a fatores bióticos e abióticos, os quais exercem interferência negativa no sistema produtivo. Os fatores

bióticos têm como um dos principais representantes as comunidades de plantas daninhas, que interferem competindo com a cana-de-açúcar por espaço, água, luz e nutrientes, além de atuar como hospedeiras de doenças e pragas da cultura, liberando no solo substâncias alelopáticas e reduzir o rendimento da colheita (PITELLI, 1985).

Com relação à interferência nos processos, atualmente destacam-se plantas daninhas de hábito trepador por causarem problemas, particularmente, na colheita mecanizada de cana-crua. Segundo DEUBER (1992), as plantas daninhas trepadeiras necessitam de outras plantas para apoio, nas quais sobem por enrolamento (volúveis) ou prendendo-se a elas por meio de gavinhas, garras ou espinhos (cirriferas), podendo produzir várias ramificações as quais atingem vários metros de comprimento. Algumas dessas plantas encontraram na cana-de-açúcar um hábitat adequado para seu desenvolvimento e tem causado interferência generalizada na colheita mecanizada (*Ipomoea* spp e *Merremia* spp.) ou até mesmo potenciais esporádicos (*Pyrostegia venusta*, *Momordica charantia*, *Cissampelos glaberrima*, entre outras).

PITELLI (1985) relatou que a magnitude da influência negativa das plantas daninhas depende de fatores relacionados à espécie cultivada (cultivar, espaçamento, densidade e distribuição), ao manejo da cultura, à comunidade de plantas daninhas (composição específica, densidade e distribuição), às condições climáticas e também do período de convivência entre cultura e comunidade de plantas daninhas (início e extensão do período de convivência).

No processo de interferência insere-se a alelopatia, que é definida como os efeitos prejudiciais das plantas de uma espécie vegetal sobre a germinação, crescimento ou desenvolvimento de outras plantas de mesma ou de outra espécie. A influência ocorre por meio da liberação de substâncias químicas no ambiente comum (PITELLI, 1985). No processo de decomposição vegetal ocorre perda da integridade da membrana celular dos resíduos das plantas, permitindo a liberação direta de compostos que podem atuar no desenvolvimento das plantas. Com a introdução da colheita mecanizada de cana-crua e a conseqüente deposição anual e/ou manutenção de uma camada de palha sobre a superfície do solo, é de se esperar que ocorra um aumento na

manifestação do processo alelopático da cana-de-açúcar sobre as plantas daninhas (CORREIA e DURIGAN, 2004 e GRAVENA et al., 2004).

Em relação aos estudos de competição entre plantas daninhas e a cana-de-açúcar, verificou-se que a diversidade das cultivares e modalidades de manejo, exigem que numerosos estudos sejam realizados em locais distintos e em épocas do ano diferentes para que haja melhor aproveitamento das informações geradas. De modo geral, a cultura da cana-de-açúcar é muito afetada pela competição com as plantas daninhas por apresentar na maioria das situações brotação e crescimento inicial lentos (PROCÓPIO et al., 2003).

A redução da produtividade da cana-de-açúcar, devido à presença da comunidade de plantas daninhas, tem sido relatada na literatura por diversos autores, como ROLIM & CHRISTOFFOLETI (1982), GRACIANO & RAMALHO (1983), GRACIANO (1989), CONSTANTIN (1993) e COLETI et al., (1997). Atualmente, em canavial com predomínio de tiririca a produtividade foi reduzida em 20% (KUVA et al., 2000); no predomínio de capim-braquiária observou-se perdas de até 82% (KUVA et al., 2001); em predomínio de infestação mista de capim-braquiária e capim-colonião promoveu perda de 40% (KUVA et al., 2003); infestação mista de capim-colonião e folhas largas promoveu perda de 33% (MEIRELLES et al., 2009) e infestação predominantemente de corda-de-viola promoveu redução de 46% (SILVA, et al., 2009).

Controle químico de plantas daninhas na cana-de-açúcar

O controle químico é o método mais utilizado no manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar, pois se trata de um método econômico e de alto rendimento em comparação com os métodos mecânicos, manuais ou físicos. No Brasil, encontram-se disponíveis vários produtos registrados para a cultura da cana, que assimilou rapidamente essa tecnologia e é uma das primeiras no consumo de herbicidas (PROCÓPIO et al., 2003). No entanto, é importante ressaltar que um programa

integrado de controle das plantas daninhas contemplando medidas químicas, culturais, preventivas, biológicas e mecânicas, ainda é a melhor opção.

O sistema produtivo da cana-de-açúcar demanda grandes recursos financeiros para o controle de plantas daninhas, sendo grande parte destinada aos herbicidas químicos. Em casos extremos de infestação, o custo do controle das plantas daninhas pode chegar a até 30% do custo de produção em cana-soca e a 15-25% em cana planta. Isso demonstra a importância de manejos adequados das plantas daninhas para se obter retorno com a produção (LORENZI, 1995).

Registrado junto ao Ministério da Agricultura existem aproximadamente quarenta moléculas de herbicidas para utilização na cana-de-açúcar. As opções são para aplicação em pré-emergência, pós-emergência inicial e pós-emergência tardia (RODRIGUES & ALMEIDA, 2011). Estes herbicidas pertencem a diferentes grupos químicos, apresentam diferentes características físico-químicas e interagem de diferentes formas com as condições edáficas e climáticas do meio (CHRISTOFFOLETI & LÓPEZ-OVEJERO, 2005). Com isso, a expressão do espectro de plantas controladas e do período residual de controle sofre variações, dependendo das condições os fatores que se interagem (composição da comunidade, característica do herbicida e condições do meio). Além disso, na maioria dos casos, o setor recorre à combinação de diferentes herbicidas numa mesma área.

Devido aos vários fatores que interagem entre a escolha do tratamento químico e a expressão do resultado desses tratamentos é normal que o processo de controle de plantas daninhas em canaviais resulte em casos de sucesso e também em casos de fracasso, principalmente devido a fatores de difícil controle. Como exemplo, podem-se citar as condições climáticas e composição da comunidade de plantas daninhas em cada talhão, gleba, setor ou fazenda. Sistemas de monitoramento que resultem em melhor conhecimento da flora de plantas daninhas e que possibilitem avaliar a real contribuição dos tratamentos químicos aplicados, colaboram na escolha de tratamentos a serem utilizados em safras posteriores.

Sistemas de monitoramento de plantas daninhas

A forma mais tradicional de se estudar comunidades vegetais é por meio da fitossociologia. De acordo com a definição de BRAUN-BLANQUET (1979), a fitossociologia é o estudo das comunidades vegetais quanto à composição florística e estrutural por meio de determinação de índices fitossociológicos. Assim, a densidade relativa reflete a participação numérica de indivíduos de uma determinada espécie na comunidade; a frequência relativa refere-se à porcentagem que representa a frequência de uma população em relação à soma das frequências das espécies que constituem a comunidade; a dominância relativa representa o ganho de biomassa de uma determinada espécie na comunidade e a importância relativa é uma avaliação ponderada desses índices.

Segundo PITELLI (2000), os índices fitossociológicos são importantes para analisar o impacto que os sistemas de manejo e as práticas agrícolas exercem sobre a dinâmica de crescimento e ocupação de comunidades infestantes em agroecossistemas. Como exemplo, PITELLI & KUVA (1998) apontam que devido a mudança no processo produtivo da cultura da cana, com manutenção da palha e a eliminação da queimada, há alteração na população de plantas daninhas, mudando sua composição em áreas antigas de cana-crua.

Na fase de planejamento, não são consideradas todas as variáveis necessárias para maximizar o controle e a redução da interferência das plantas daninhas sobre a cana-de-açúcar. Entre estas variáveis desconsideradas, pode-se citar o conhecimento mais aprofundado da composição da comunidade infestante, o qual poderia ser bastante útil para sustentar decisões e torná-las mais criteriosas (KUVA et al., 2007).

Este conhecimento mais aprofundado da composição da flora de plantas daninhas e o desenvolvimento de um sistema para controle de resultados contribuirão para reduzir despesas destinadas ao controle de plantas daninhas. Os recursos poderão ser empregados de maneira mais criteriosa e específica em função das características da área, dos herbicidas e da comunidade infestante (KUVA et al., 2008). Antes de se determinar um programa de controle, é necessário estabelecer uma ordem

de prioridades entre as espécies presentes (KUVA et al. 2007). As espécies predominantes pela sua nocividade e abundância deverão receber uma atenção especial, concentrando quase todos os esforços de controle.

KUVA et al. (2007) estudaram fitossociologia de comunidades de plantas daninhas em canaviais colhidos no sistema mecanizado de cana-crua e demonstraram que a principal espécie encontrada foi a *Cyperus rotundus*, que se destacou quanto aos valores de importância relativa (IR). Houve destaque também para as diversas espécies das famílias *Euphorbiaceae* e *Convolvulaceae*, que são plantas dicotiledôneas com propagação por sementes anuais. Já, as tradicionais folhas estreitas encontradas em áreas de cana colhida queimada se destacaram pouco.

Outras formas de monitoramento estão sendo estudadas com auxílio da geoestatística, sensoriamento remoto ou outras técnicas inovadoras na cultura da cana-de-açúcar, em outras culturas e também em ambientes diferentes dos agroecossistemas.

O sensoriamento remoto aéreo mostra-se como uma técnica promissora, mas ainda distante para o mapeamento de plantas daninhas em culturas agrícolas, pois a detecção e mapeamento de áreas infestadas por plantas daninhas requerem a utilização de imagens multiespectrais com maior nível de detalhamento espacial (REW et al., 1999). No estudo de SARTORI et al. (2009), cujo objetivo foi a discriminação dos graus de infestação por plantas daninhas na cultura do café a partir de dados multiespectrais de alta resolução espacial, verificou-se que a classificação por redes neurais artificiais (RNA) aplicada para discriminar classes de infestação de plantas daninhas em imagens multiespectrais de alta resolução espacial, constitui-se num método eficiente.

SCHAFFRATH et al. (2007), avaliaram a distribuição espacial das espécies *Commelina benghalensis* e *Bidens pilosa* (biomassa da parte aérea e densidade de plantas) em sistemas de manejo sobre plantio direto e o preparo convencional. A variabilidade espacial foi estudada através da geoestatística, por meio da análise de semivariogramas, interpolação por krigagem e construção de mapas de isolinhas. Dentre outros resultados, os autores apontam que a distribuição espacial descrita a

partir de técnicas geoestatísticas, demonstra o potencial no mapeamento de plantas daninhas, o que permite a criação de estratégias de manejo localizado.

Segundo SHIRATSUCHI et al. (2005) a adoção do método de mapeamento de solos em grades regulares (grid) permite aos produtores, que utilizam da aplicação localizada de fertilizantes, o mapeamento do banco de sementes das plantas daninhas, separando parte do solo amostrado para essa determinação.

De acordo com CARDINA & SPARROW (1996), o planejamento mais eficiente do controle da infestação de plantas daninhas e a aplicação mais adequada de herbicidas em condições de pré-emergência, só seriam possíveis através de uma predição precisa da emergência do banco de sementes de plantas daninhas, que quando feito de forma criteriosa pode ser utilizado para previsão dos locais de infestação em cultivos posteriores (CARDINA et al., 1997).

GERHARDS & OEBEL (2006) afirmaram que informações sobre a variação temporal e espacial de populações de plantas daninhas em áreas agrícolas são muito importantes para a avaliação e gerenciamento destas plantas. Segundo os pesquisadores, o levantamento espacial de plantas daninhas permite a redução no uso de herbicidas, já que é possível direcionar a aplicação de herbicidas pós-emergentes somente nas áreas com níveis consideráveis de infestação. No intuito de comprovar a teoria, os autores desenvolveram um sistema de controle localizado de plantas daninhas, o qual foi estudado nas culturas da beterraba, milho, trigo de inverno, cevada de inverno, e outros. O sistema inclui a detecção de plantas daninhas utilizando análise de imagem digital para tomada de decisão, além de um sistema de pulverização controlada "Global Positioning System". No segundo ano de estudo, a aplicação de herbicidas em áreas de cultivo de cereais de inverno utilizando-se mapas de infestação, apresentou uma redução de 6-81% nas aplicações direcionadas a infestantes de folhas largas, e redução de 20-79% nas aplicações direcionados a plantas daninhas de folhas estreitas. A eficácia no controle de plantas daninhas variou de 85% a 98%, indicando que o manejo de plantas daninhas específicas do local contribuirá na redução da infestação de plantas daninhas nas culturas seguintes.

LEGUIZAMÓN (2005) relata que o conhecimento da composição de plantas daninhas em uma área, permite um melhor planejamento de estratégias de gestão, além de contribuir para a criação de um programa de gerenciamento baseado em princípios ecológicos. Um dos elementos importantes deste programa é o acompanhamento regular e sistemático de áreas pré-determinadas, de forma padronizada, para identificar e medir as variações nas populações de plantas daninhas no espaço e no tempo. Ressalta ainda a necessidade de divulgar os métodos de monitoramento com base em um sistema georeferenciado, e também, a importância da seleção de pontos amostrais em toda a extensão da área monitorada, pois nos fornece de maneira mais precisa as espécies presentes, mas o método deve ser prático e preciso e deve otimizar tempo e custo.

O autor destaca que os objetivos do monitoramento de plantas daninhas são: (I) detectar a presença e/ou abundância de plantas daninhas; (II) reunir informações para tomada de decisão durante a safra; (III) fornecer dados para a construção do histórico da área, permitindo desta maneira, projetar ações de longo prazo; (IV) para detectar a entrada de espécies invasoras que ainda não estão presentes na área e (V) criar base para a agricultura de precisão no controle químico de plantas daninhas.

Considerando a real necessidade de se fazer o levantamento de plantas daninhas nas áreas cultiváveis visando à escolha do melhor manejo, PRIMOT et al. (2006) destacam o quanto seria benéfico, tanto para agricultores e ao meio ambiente, quantificar o nível de infestação de plantas daninhas no início do crescimento da cultura, permitindo o controle de ervas daninhas somente quando necessário com utilização de herbicidas pós-emergentes. Contudo, os autores desenvolveram e avaliaram modelos simples para prever biomassas de plantas daninhas presentes na cultura de colza. As variáveis consideradas no modelo foram relacionadas com características da população de ervas daninhas e as práticas de manejo utilizadas pelos agricultores. Tais modelos podem ser usados para classificar áreas com colza em duas categorias: áreas com um nível de infestação acima de um limite pré-estabelecido ou aqueles com nível de infestação abaixo do estabelecido. Foi utilizado um conjunto de dados coletados durante três anos em várias regiões da França, visando estimar e

avaliar os modelos em estudo. Deste modo, os estudiosos observaram que altos valores de sensibilidade e especificidade foram obtidos quando a biomassa da erva foi prevista em função dos seguintes fatores: época de semeadura da cultura, tipo de preparo do solo, nitrogênio mineral do solo, densidade de plantio, densidade de plantas daninhas na emergência da cultura, e principais características das espécies de plantas daninhas mais abundantes. Além disso, PRIMOT et al. (2006) concluíram que o desempenho do modelo foi fortemente diminuído quando as variáveis relacionadas à população de plantas daninhas não estavam contabilizadas, e concluíram ainda, que o melhor modelo classificou corretamente 90% das parcelas com alta infestação de plantas daninhas e 64% das parcelas com baixa infestação.

O monitoramento de plantas daninhas por meio de levantamentos fitossociológicos é moroso e requer muita mão-de-obra. Já os demais métodos estão ainda em processo inicial de desenvolvimento e ainda não podem ser empregados na prática. É necessário, portanto, desenvolver métodos para o monitoramento de plantas daninhas e da eficiência de controle pelos herbicidas que sejam práticos e precisos o suficiente para que as informações possam ser utilizadas com segurança na tomada de decisão.

Nos últimos anos, algumas usinas de açúcar e álcool têm mantido áreas de observação sem aplicação de herbicidas no interior de alguns talhões e têm utilizado essas áreas para avaliar o potencial de infestação nos diferentes talhões, além da real contribuição do tratamento químico empregado. As avaliações da comunidade infestante, tem se baseado em avaliações visuais e atribuição de porcentagens de cobertura pelas principais espécies nestas áreas; e as avaliações de controle, por meio de atribuição de porcentagem de controle nos arredores. Esse método é mais rápido, porém, exige conhecimento e treinamento do técnico envolvido no monitoramento.

Uma fase importante do monitoramento é a análise dos dados levantados, assim como a transformação dos dados em conhecimento para tomada de decisões. O processo de controle de plantas daninhas é influenciado por vários fatores, como mencionado anteriormente. Trata-se, portanto, de um processo multivariado. Sendo assim, as técnicas estatísticas de análise multivariada podem ser muito úteis para uma

avaliação mais detalhada dos efeitos dos tratamentos no controle de plantas daninhas em ensaios de campo. De acordo com NKURUNZIZA & MILBERG (2007), a estatística multivariada foi projetada para resumir um conjunto de dados complexos e é bem adequada para a análise de comunidades e monitoramento de processos biológicos. Além disso, as técnicas de análise multivariada também podem ser usadas para testar hipóteses ou avaliar experimentos planejados, como ensaios de exploração de plantas daninhas.

Segundo os autores, a técnica de análise multivariada de dados mostrou que repetidas avaliações visuais da cobertura do solo com espécies de plantas daninhas em pontos fixos de amostragem pode ser um substituto para estimativas da biomassa de plantas daninhas nas lavouras. Seus resultados foram comparáveis aos da estimativa da biomassa de plantas daninhas e a concordância encontrada entre eles foi aceitável. O método multivariado foi uma boa opção para complementar os métodos de análise univariada, pois abordou claramente a questão da seletividade entre os tratamentos. O método permite detectar para um determinado tratamento o efeito sobre várias espécies de plantas daninhas formando uma comunidade em culturas perenes.

LEGUIZAMÓN et al (2006), também utilizaram técnicas de análise multivariada de dados (análise de agrupamento) no estudo de comunidades de plantas daninhas durante as safras de 2001/2002 até 2005/2006. O estudo foi realizado em 126 campos de soja cultivados em áreas de primeiro plantio na Argentina, onde amostraram a presença de plantas daninhas em aproximadamente 7 m² ao redor do observador, em 50 locais de amostragem, com dois pontos de coleta cada. O estudo foi conduzido em lotes de áreas com solos de alta produtividade, intencionalmente selecionados. Ao final do levantamento, os estudiosos puderam observar que: 1) a riqueza de espécies de plantas daninhas mostra as diferenças entre os lotes "Velho" e o "Novo"; 2) a área geográfica, pelo contrário, parecem ter muito mais influência sobre as variáveis frequência, diversidade, riqueza e uniformidade.

Ainda em relação à utilização de técnicas de análise multivariada de dados, LEGERE et al (2005) fizeram uso da análise canônica discriminante para investigar associações entre o banco de sementes de espécies de plantas daninhas e as

comunidades vegetais ao longo de 4 anos de levantamento (1989-1992), realizado em La Pocatiere, Quebec, Canadá. De acordo com a análise, o conjunto de espécies de plantas daninhas no banco de sementes mostrou baixa discriminação entre os tratamentos utilizados (variações com sistema de plantio direto, rotação de culturas, e manejo de plantas daninhas) ao longo do tempo, o que pode estar associado à capacidade dos bancos de sementes em suportar os “distúrbios” do manejo de plantas daninhas.

Contudo, é importante ressaltar que as análises multivariadas são adequadas para caracterizar unidades experimentais em grupos conforme seus padrões de semelhança, pois respeitam a estrutura multivariada contida em uma comunidade de plantas daninhas. Assim, estas técnicas devem ser utilizadas em registros contendo informações das comunidades de plantas infestantes, com a finalidade de organizá-las em grupos definidos por padrões de infestação objetivando a aplicação de tratamentos específicos. Dentre elas, destacam-se as análises de agrupamento por métodos hierárquico e não hierárquico. A técnica de agrupamento por método hierárquico permite a construção de dendrogramas, que organiza as unidades experimentais em grupos levando em consideração a semelhança entre as unidades experimentais, e por métodos de ligação entre os grupos.

PEREIRA et al. (2010) realizaram uma pesquisa que objetivou avaliar a viabilidade da utilização de técnicas da estatística multivariada para detectar as alterações da composição florística das plantas daninhas. Os resultados mostraram que as técnicas estatísticas utilizadas foram capazes de avaliar as alterações da composição florística a partir dos tratamentos empregados, sendo as espécies mais discriminantes *Alternanthera tenella* e *Commelina benghalensis*, seguidas das gramíneas *Panicum maximum*, *Cenchrus echinatus* e *Eleusine indica*.

Também, utilizando recursos da estatística multivariada através de técnicas de análise de agrupamento, KUVA et al. (2007) realizaram um estudo por meio de índices fitossociológicos calculados a partir de dados de plantas daninhas em áreas de cultivo de cana-de-açúcar. Como objetivo, buscaram-se agrupar os talhões em padrões de acordo com semelhanças na composição específica. Os resultados apontaram que foi

possível distinguir quatro grupos em função da importância relativa (I.R.), e cinco grupos de talhões em função do índice de agregação (V/m), sendo que dentro de alguns grupos houve formação de subgrupos.

Em outro estudo, KUVA et al. (2010) utilizaram técnicas estatísticas multivariadas para buscar informações que poderiam ser importantes no gerenciamento do processo de controle de plantas daninhas, com a finalidade de organizar e analisar dados referentes a talhões de cana-de-açúcar através da análise de agrupamento pelo método hierárquico. De acordo com o método adotado, foi isolado inicialmente um grande grupo no qual nenhuma planta foi detectada nas áreas de observação, sendo considerado de infestação muito baixa (MB). As análises de agrupamento por método hierárquico indicaram nos demais talhões a presença de mais dois grandes grupos, um com os maiores índices de infestação relativa e o outro com os menores índices. Além destes, foram identificados vários subgrupos que resultam em mais dez padrões de infestação.

Desta forma, é possível ressaltar que as técnicas de análise da estatística multivariada constituem um conjunto de ferramentas úteis para a resolução de problemas, visando o alcance da estabilidade do processo e o aumento da capacidade através da redução da variabilidade (BONILLA, 1995).

Outro exemplo envolvendo o estudo de comunidade de plantas daninhas utilizando técnicas de análise multivariada de dados é o trabalho de KARAR et al. (2005), o qual avaliou a comunidade de plantas daninhas em relação à localização geográfica e rotação de culturas nos anos de 2000 e 2001. A análise de correspondência Canônica foi utilizada para investigar a relação entre a densidade de espécies e o ambiente em que estavam inseridas. Cinco unidades agrícolas foram amostradas na mais importante área agrícola em Sudão, na Gezira Agricultural Scheme (GAS). Ao longo do estudo, os autores observaram que a distribuição das espécies de plantas daninhas mostrou algumas semelhanças nos dois anos de amostragem, com a maioria das espécies sendo encontrada em todas as unidades agrícolas, mas em proporções diferentes. Observaram ainda, que espécies de plantas daninhas de folhas largas foram as mais dominantes, sugerindo a aplicação de herbicidas direcionados e mais eficazes no controle desse grupo de espécies. Além disso, embora a maioria das

plantas daninhas fosse encontrada em todas as unidades agrícolas, os valores de abundância relativa variaram muito entre elas, seja como resultado de diferenças de gestão entre as unidades, ou algum efeito espacial. Deste modo, KARAR et al. (2005) concluíram que os programas de controle de plantas daninhas devem ser adaptados à cada unidade agrícola, considerando a infestação da área e os fatores que as determinam.

Com base no exposto nesta breve revisão, fica claro que, a composição de plantas daninhas nas áreas de cana-de-açúcar é dinâmica e é influenciada por fatores climáticos e de manejo da cultura. A maior ou menor eficiência de controle químico depende do conhecimento das interações entre vários fatores, ligados a comunidade de plantas daninhas, herbicidas, ambiente e manejo. Sistemas de monitoramento da composição de plantas daninhas, e da eficiência de controle pelos diferentes tratamentos químicos, auxiliam na melhoria deste importante processo do sistema produtivo. Esses sistemas de monitoramento devem ser operacionalmente viáveis para grandes áreas, e os dados levantados devem gerar conhecimento para tomada de decisões.

CAPÍTULO 2 – PADRÕES DE COMUNIDADES DE PLANTAS DANINHAS OBSERVADOS NA AUSÊNCIA E PRESENÇA DE HERBICIDAS NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

RESUMO - Esta pesquisa consistiu na análise de um banco de dados de 250 registros contendo informações de infestação e controle de plantas daninhas e tratamentos químicos empregados coletados por um sistema de monitoramento na cultura da cana-de-açúcar, onde objetivou-se organizar as comunidades de plantas daninhas ocorrentes em canaviais em agrupamentos padrões e avaliar com que eficácia foram tratadas as infestações predominantes, determinando-se proporções de casos de sucesso e de fracasso. Esse monitoramento foi realizado em três etapas: (1) manutenção de pequenas áreas de observação no interior de alguns talhões sem aplicação de herbicidas; (2) avaliação da ocorrência de plantas daninhas nestas áreas e atribuição de notas visuais de cobertura (0 a 100%); e (3) avaliação de controle de plantas daninhas nos arredores dessas áreas de observação e atribuição de notas visuais de controle (0 a 100%). O banco de dados foi fornecido pela Usina Santa Cruz, localizada em Américo Brasiliense, SP, e contempla informações de áreas de cana planta e cana soca monitorados nos anos de 2009 e 2010. Antes das análises foram criadas tabelas cadastrais estruturadas, seleção de plantas daninhas e organização destas em categorias. Com as informações de infestação de plantas daninhas foi realizada análise de agrupamento hierárquico utilizando a distância euclidiana como medida de semelhança e como estratégia de agrupamento o método de ligação de Ward. Com as informações de infestação e de controle de plantas daninhas foi realizada a análise discriminante linear na tentativa de discriminar níveis de eficiência dos tratamentos químicos. O melhor critério de redução no número de plantas daninhas foi o nível de 2% de participação mínima resultando em onze categorias principais de plantas daninhas. Considerando essas onze categorias e o nível de infestação, foram detectados dois grandes grupos de talhões: um com alta infestação e outro com baixa infestação. Dentro de cada grupo foram detectados subgrupos de acordo com a composição de

espécies, catorze dentro do grupo com alta infestação e quatro dentro do grupo com baixa infestação. Foi possível ainda avaliar a proporção entre casos de sucesso e fracasso no controle de plantas daninhas na usina de modo geral e para cada padrão de infestação.

Palavras chave: análise de agrupamento, análise discriminante, controle químico, estatística multivariada, herbicidas

Introdução

As plantas daninhas representam um dos principais componentes dos sistemas agrícolas que interferem no desenvolvimento e na produtividade das culturas. A presença dessas plantas pode interferir no processo produtivo principalmente por competir pelos recursos do meio, liberar substâncias alelopáticas e reduzir o rendimento das demais operações (PITELLI, 1985). Na cana-de-açúcar a redução da produtividade decorrente da presença da comunidade de plantas daninhas varia com o tipo de infestação. Como exemplo, numa área que predominava tiririca, a produtividade foi reduzida em 20% (KUVA et al., 2000); infestação predominantemente de capim-braquiária promoveu perdas de até 82% (KUVA et al., 2001), infestação mista de capim-braquiária e capim-colonião promoveu perda de 40% (KUVA et al., 2003), infestação de capim colonião e folhas largas reduziu em 33% (MEIRELLES et al., 2009) e de corda-de-viola em 46% (SILVA et al., 2009).

Para minimizar os efeitos negativos da interferência das plantas daninhas o controle químico é o método mais utilizado nos canaviais, devido à praticidade e menor custo. Na prática do manejo químico, existem registradas junto ao ministério da agricultura para utilização nos canaviais mais de quarenta moléculas de herbicidas pertencentes a diferentes mecanismos de ação (RODRIGUES & ALMEIDA, 2011). Esses herbicidas apresentam diferenciação quanto ao mecanismo de ação, nas características físico-químicas e conseqüentemente no espectro de plantas daninhas controladas.

No campo, o processo de controle de plantas daninhas é governado por muitas variáveis, ou seja, multivariado e entre a escolha do tratamento químico e o resultado final de controle das plantas daninhas atuam vários fatores. Quanto maior for o conhecimento sobre a ação integrada desses fatores melhor será a escolha do tratamento químico. Neste processo o conhecimento da flora das plantas daninhas e da sua organização, o conhecimento do controle dos resultados proporcionados pelos diferentes tratamentos químicos, o ambiente em que a comunidade está inserida e o

estabelecimento da ordem de prioridades entre as espécies presentes são fundamentais. As espécies predominantes, pela sua agressividade e abundância, deverão receber uma atenção especial, concentrando quase todos os esforços de controle (KUVA et al, 2007).

De acordo com SCHAFFRATH et al. (2007), estudos relacionados à distribuição espacial das plantas daninhas possibilitaram a definição de estratégias de manejo como a aplicação de herbicidas em taxas variáveis; possibilitam ainda, o manejo mecânico-cultural de forma localizada e podem proporcionar estudos correlacionais entre plantas daninhas e variáveis de solo. No Brasil, o estudo de SHIRATSUCHI (2001) determinou a estrutura de continuidade espacial da distribuição de espécies destas infestantes e do banco de sementes, a fim de realizar estimativas de infestação futura.

Nesse contexto, algumas pesquisas foram realizadas nos últimos anos para investigar a organização das comunidades de plantas daninhas nas áreas de produção de cana-de-açúcar. KUVA et al. (2008) obtiveram quatro padrões de infestação quando o índice considerado foi I.R. (importância relativa das espécies) e cinco grupos considerando o índice de agregação, além de subgrupos dentro dos diferentes grupos. FERREIRA et al. (2011) obtiveram organização em dez tipos de padrões de infestação de plantas daninhas na cana-de-açúcar utilizando porcentagens de cobertura do solo por plantas daninhas.

Além de conhecer a composição específica, distribuição e nível de infestação da comunidade infestante, otimizar os resultados proporcionados pelos diferentes tratamentos químicos também é de extrema importância para o manejo integrado de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. Sendo assim o estabelecimento de uma estratégia de monitoramento pré e pós-aplicação dos tratamentos com herbicidas poderá auxiliar na tomada de decisão no manejo de plantas daninhas, onde casos de sucesso deverão ser repetidos e casos de fracasso deverão ser reavaliados. De acordo com KUVA et al. (2008), o agrupamento de talhões com semelhanças poderá ser bastante útil na tomada de decisões para controle de plantas daninhas.

As análises estatísticas multivariadas são adequadas e podem ser utilizadas para discriminar e organizar unidades experimentais de acordo com a composição e

proporção de espécies de plantas daninhas em grupos conforme seus padrões de semelhança, pois respeitam a estrutura multivariada nela contida. De acordo com HAIR et al. (2005) as análises estatísticas multivariadas podem auxiliar na discriminação entre casos de sucesso e de fracasso no controle químico de plantas daninhas. Dentre essas técnicas destacam-se a análise de agrupamento por método hierárquico e a análise discriminante linear.

Desta maneira, objetivou-se organizar as comunidades de plantas daninhas ocorrentes em canaviais em agrupamentos padrões e avaliar com que eficácia foram tratadas as infestações predominantes, determinando-se proporções de casos de sucesso e de fracasso.

Material e métodos

Os dados utilizados para o desenvolvimento deste trabalho foram fornecidos pela Usina Santa Cruz, cuja unidade industrial fica situada no município de Américo Brasiliense, região central do Estado de São Paulo. Do acervo disponibilizado, foram fornecidos dados coletados em talhões de cana-planta e cana-soca monitorados durante os anos 2009 e 2010.

Para a construção do banco de dados, a usina manteve pequenas áreas de observação no interior de alguns talhões sem aplicação de herbicidas com posterior avaliação da presença de plantas daninhas nestas áreas, atribuindo notas visuais de cobertura (0 a 100%) além da avaliação do controle de plantas daninhas nos arredores dessas áreas atribuindo notas visuais de controle (0 a 100%).

As áreas mantidas de observação foram alocadas aleatoriamente no interior dos talhões e apresentaram como dimensões 7,0 metros de largura por 12 metros de comprimento. A cada 100 hectares foram demarcadas três áreas de observação. As avaliações de cobertura das principais espécies de plantas daninhas nas áreas demarcadas e das respectivas notas de controle nos arredores foram realizadas entre 80 e 120 dias após a aplicação de herbicidas no restante do talhão.

As informações obtidas nestas avaliações foram armazenadas em um banco de dados no programa Microsoft Office Excel, que foi complementado com a informação dos herbicidas e doses que compuseram o tratamento químico aplicado comercialmente. Preliminarmente à realização das análises exploratórias de dados, foram criadas tabelas cadastrais no programa Microsoft Office Excel contendo as informações de campo de forma estruturada. Os registros que representam as áreas monitoradas das quais não apresentaram plantas daninhas nas áreas de observação, não foram utilizados no processamento das análises estatísticas. Esse procedimento contribuiu com uma melhor estrutura e organização do banco de dados totalizando em 250 talhões.

O passo seguinte à organização da tabela de dados cadastrais foi reduzir o número de categorias de plantas daninhas, adotando como critério o nível de participação mínima quanto à porcentagem de cobertura considerando o conjunto de talhões estudados e aspectos agronômicos relevantes, conforme metodologia adotada por FERREIRA et al. (2011). Os níveis de participação mínima testados foram de 5%, 4%, 3%, 2% e 1%.

A tabela com os dados estruturados e com o número de categorias de plantas daninhas reduzidas foi submetida às análises exploratórias por técnicas da estatística multivariada. As técnicas utilizadas foram análise de agrupamento, utilizando dados de infestação das plantas daninhas e a análise discriminante linear utilizando dados de infestação de plantas daninhas e de eficácia de controle. As análises estatísticas foram realizadas com o uso do programa STATISTICA 7 de acordo com os procedimentos descritos na apostila de Técnicas de Análise Multivariada (FERRAUDO, 2009).

A primeira técnica foi utilizada para organizar os registros de comunidades de plantas daninhas em grupos de acordo com seus padrões de composição e utilizou-se o método hierárquico processado com a distância euclidiana como medida de semelhança entre os talhões e o método de Ward como medida de ligação de grupos.

A segunda técnica foi utilizada para discriminar a eficiência no manejo dos diferentes tipos de infestação. Para esta fase foram utilizados 222 talhões. Preliminarmente à aplicação da técnica estatística, dois procedimentos foram

realizados. O primeiro procedimento objetivou a obtenção de um conceito de controle geral considerando o conjunto de espécies e categorização em níveis de satisfação. Para isso as porcentagens de cobertura das plantas daninhas individuais nas áreas de observação e as porcentagens de controle de plantas daninhas individuais, atribuídos nos arredores foram utilizadas para calcular, por média ponderada, o controle geral obtido na área aplicada. Posteriormente, a porcentagem de controle geral foi transformada em variável categórica conforme a regra: $\geq 85\%$ satisfatório; $\leq 70\%$ insatisfatório e entre 70 % e 85% intermediário.

No segundo procedimento foi construída uma tabela de dados contendo variáveis numéricas, que sumarizam num único valor o nível de infestação específica das plantas daninhas na área de observação e o nível de controle obtido nos arredores. Os dados desta tabela foram atribuídos obedecendo à regra descrita na Tabela 1, onde a separação entre o nível de infestação Alto e Baixo foi realizado pela mediana das porcentagens de cobertura específica obtida nos talhões avaliados. Já, para atribuir Alto ou Baixo nível de controle de plantas daninhas foi considerada a nota de corte de 85%, onde tem-se nível de controle Alto para as categorias que tiveram notas de controle superior ou igual a 85% e nível de controle Baixo para as categorias que tiveram notas de controle inferior a 85%. Ressalta-se que a nota de corte de 85% foi baseada na escala “Escala de avaliação visual da eficiência de controle das plantas daninhas através dos herbicidas”, desenvolvida pela ALAM (1974), a qual destaca com nível de controle classificado como “muito bom” notas para porcentagem de controle pertencentes ao intervalo 81- 90.

Tabela 1. Regra utilizada para atribuição de valores numéricos que sumarizam nível de infestação de plantas daninhas e nível de controle obtido com o tratamento químico empregado.

Nível de infestação	Nível de controle	Valor atribuído
Alto (% cobertura \geq mediana)	Alto (% controle ≥ 85)	+ 2
	Baixo (% controle < 85)	- 2
Baixo (% cobertura $<$ mediana)	Alto (% controle ≥ 85)	+ 1
	Baixo (% controle < 85)	- 1
Categoria ausente	Categoria Ausente	0

A tabela de dados contendo os valores +2; -2; 0; -1 e +1 e os níveis de eficiência; satisfatório, intermediário e insatisfatório como variáveis dependentes foram utilizados para o processamento da análise discriminante linear na tentativa de encontrar um modelo que discrimine os três níveis de eficiência.

Resultados e discussão

Seleção de categorias de plantas daninhas

Ao analisar os resultados obtidos com a redução das categorias de plantas daninhas, considerando participação mínima de 5, 4, 3, 2 e 1% no conjunto de dados de cobertura de plantas daninhas nas áreas de observação, verificou-se que permaneceram no banco de dados plantas daninhas pertencentes a 14, 11, 8, 5 e 4 categorias, respectivamente (Tabela 2). As participações mínimas de 5%, 4% e 3% foram consideradas muito rigorosas, pois deixaram ausentes grupos de plantas sabidamente importantes para a cultura. Por outro lado, participação mínima de 1% foi considerada inconsistente, deixando um número excessivo de categorias de plantas daninhas o que dificultaria a realização das análises posteriores. Portanto, para este estudo, o nível de participação mínima da composição específica nos talhões estudados foi estabelecido em 2%. Desta maneira, as 38 categorias inicialmente encontradas nos levantamentos foram reduzidas a onze categorias, as quais foram eleitas em função das espécies presentes e nomeadas de acordo com o código Bayer, segundo a International Weed Science Society: AMASS, ARHHY, BRADC, BRAPL, CYPSS, DIGSS, EPHHL, IPOSS+MRRSS, PANMA, POROL e SIDSS (Tabela 2).

Tabela 2. Categorias de plantas daninhas para 1, 2, 3, 4 e 5% de participação mínima da composição específica.

		Participação mínima da composição específica (% de cobertura mínima das categorias)				
		1%	2%	3%	4%	5%
CATEGORIAS	1	AMASS	AMASS	AMASS	AMASS	BRADC
	2	ARHHY	ARHHY	BRADC	BRADC	CYPSS
	3	BRADC	BRADC	CYPSS	CYPSS	DIGSS
	4	BRAPL	BRAPL	DIGSS	DIGSS	IPOSS+MRRSS
	5	CCHEC	CYPSS	EPHHL	IPOSS+MRRSS	-
	6	CYPSS	DIGSS	IPOSS+MRRSS	-	-
	7	DIGSS	EPHHL	POROL	-	-
	8	ELEIN	IPOSS+MRRSS	SIDSS	-	-
	9	EPHHL	PANMA	-	-	-
	10	IPOSS+MRRSS	POROL	-	-	-
	11	PANMA	SIDSS	-	-	-
	12	POROL	-	-	-	-
	13	SIDSS	-	-	-	-
	14	SOLAM	-	-	-	-

As categorias AMASS, CYPSS, DIGSS e SIDSS contemplam, respectivamente, todas as espécies pertencentes aos gêneros *Amaranthus*, *Cyperus*, *Digitaria* e *Sida*. Já, a categoria IPOSS+MRRSS (CORDAS) é composta pelas espécies pertencentes à família Convolvulaceae, particularmente *Ipomoea grandifolia*, *Ipomoea hederifolia*, *Ipomoea nil*, *Ipomoea quamoclit* e *Merremia cissoides*. Composto as categorias ARHHY, BRADC, BRAPL, EPHHL, PANMA, e POROL tem-se respectivamente as espécies *Arachis hypogaea*, *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria plantaginea*, *Euphorbia heterophylla*, *Panicum maximum* e *Potulaca oleracea*. Em trabalho realizado por FERREIRA et al. (2011) o nível de 2% de participação nas áreas de observação também foi considerado ideal, resultando em nove principais categorias de plantas daninhas.

Para os canaviais da usina Santa Cruz as onze categorias podem ser consideradas como as principais e devem ser alvos principais de controle. Nessas onze categorias estão plantas daninhas com distribuição generalizada na cultura da cana, plantas emergentes e plantas cultivadas utilizadas em rotação.

As plantas daninhas pertencentes às categorias selecionadas representam as maiores preocupações e são àquelas que merecem estudo mais aprofundado quanto à organização de suas populações nas áreas de cana-de-açúcar e da resposta frente aos diferentes tratamentos químicos. As categorias excluídas contêm as plantas daninhas de menor importância no cenário atual onde foi inserida a pesquisa. Na comunidade de plantas daninhas, nem todas as espécies têm a mesma importância ou participação na interferência imposta ao desenvolvimento e produtividade da cultura. Normalmente existem três ou quatro espécies dominantes, que ocasionam a maior parte dos danos. Além dessas espécies existem as secundárias, presentes em menor densidade e cobertura e as acompanhantes, cuja presença é ocasional e, portanto, não resultam em problemas econômicos aos cultivos (FERNÁNDEZ-QUINTANILLA et al., 1991). Mas, situações de inversão de flora devido à alteração de manejo e herbicidas podem ocorrer.

Organização das comunidades infestantes de plantas daninhas por padrões de agrupamento

A análise exploratória de agrupamento por método hierárquico, aplicado aos dados de porcentagem de cobertura das plantas daninhas das onze categorias nas áreas de observação, resultou no dendrograma (Figura 1). Observa-se uma estrutura de grupos contendo inicialmente dois grandes grupos, A e B, os quais estão subdivididos em outros dezoito subgrupos, sendo catorze subgrupos pertencentes ao Grupo A e quatro subgrupos pertencentes ao Grupo B. Esta divisão em dois grandes grupos está associada ao nível de infestação de plantas daninhas nos talhões avaliados, onde o Grupo A abrange talhões com as maiores infestações de plantas daninhas, enquanto que o Grupo B as menores. Esta informação pode contribuir para definir a intensidade das estratégias de manejo. Nas áreas do grupo A pode ser programado duas intervenções de controle ou mesmo a utilização de tratamentos químicos de maior espectro de ação e de período residual de controle. Por outro lado

nas áreas do Grupo B pode ser programada a estratégia de monitoramento e aplicação em pós-emergência, se necessário.

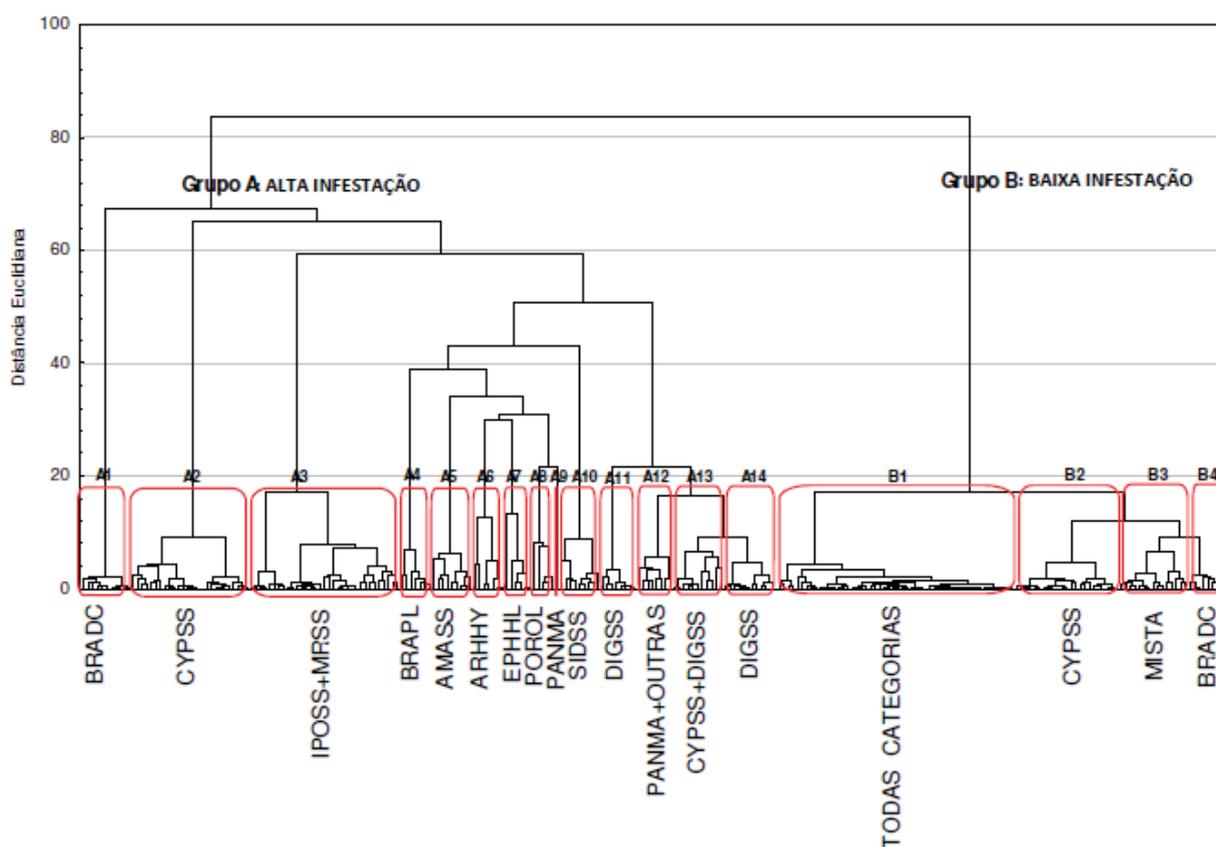


Figura 1. Dendrograma resultante da análise de agrupamento por método hierárquico (processada com a distância euclidiana simples e o método de ligação Ward), realizado com as porcentagens de cobertura das diferentes espécies ou conjunto de espécies de planta daninha em talhões de cana-de-açúcar.

O Grupo A é composto por 153 registros que foram subdivididos em 14 subgrupos: de A1 até A14. Cada subgrupo apresenta composição particular, caracterizando-se pela presença marcante de uma ou mais espécies (Figura 1). Essa diferenciação em subgrupos auxilia na definição quanto à alocação dos tratamentos químicos nas diferentes unidades de área baseado no padrão de infestação de cada uma delas. As plantas daninhas das principais categorias de que caracterizam o grupo devem ser consideradas como os principais alvos de controle.

O subgrupo A1 é composto por onze registros e é caracterizado por alta infestação exclusiva da categoria BRADC. O nível de infestação desta categoria variou de 75 a 90% de cobertura do solo, com valor médio igual a 81,8%. A espécie *B. decumbens* pode provocar mais de 80% de redução na produtividade de cana-de-açúcar (KUVA et al., 2001). Sua germinação e emergência são afetadas negativamente pela presença de palha sobre o solo (ROSSI, 2007), no entanto, devido ao fato de ser uma espécie perene dever ser eficientemente controlada.

O subgrupo A2 é composto por 26 registros caracterizados pela infestação exclusiva da categoria CYPSS que aparece com infestação média igual a 67,7% de cobertura do solo e máximo de 95%. Por meio de levantamento fitossociológico KUVA et al. (2007) concluiu que a principal espécie encontrada em canaviais com colheita mecanizada, sem queima da palha, foi *C. rotundus*, destacando-se quanto aos valores de importância relativa (IR). As reduções de produtividade por *C. rotundus* podem atingir 20% (KUVA et al., 2000).

O subgrupo A3 é caracterizado pela infestação predominantemente da categoria IPOSS+MRRSS e foi composto por 33 registros. A infestação média foi de 49% de cobertura do solo com máxima de 98%. Levantamento fitossociológico realizado por KUVA et al. (2007) em áreas pioneiras de colheita mecanizada apontaram presença de quatro espécies de corda-de-viola entre as quinze principais. Segundo SILVA et al. (2009) infestações de corda-de-viola (*I. hederifolia*) reduz produtividade em 46 %.

O subgrupo A4 foi composto de 7 registros com infestação predominante da categoria BRAPL com infestação média próxima a 25% de cobertura do solo. A emergência da *B. plantaginea* é afetada negativamente pela presença de palha de cana-de-açúcar (GRAVENA et al., 2004). Porém, devido a pouca uniformidade de deposição da palha em algumas regiões e descontinuidade de germinação desta espécie a infestação tardia da mesma constitui-se num sério problema nos canaviais com ou sem a presença de palha.

O subgrupo A5 composto de 9 registros caracterizou-se pelo predomínio absoluto da categoria AMASS. Os talhões apresentaram infestação de 20 a 55% de cobertura do solo com espécies de *Amaranthus*. O subgrupo A6 foi composto por 7

registros com predomínio da categoria ARHHY. De acordo com os registros deste subgrupo, a média de porcentagem de cobertura foi de 41,1%.

O subgrupo A7 foi composto por 6 registros, tendo em comum o predomínio da categoria EPHHL. Os talhões que compõe este subgrupo apresentaram em média infestação de aproximadamente 40% de cobertura de EPHHL. FERREIRA et al. (2011) observaram a formação de um grupo de talhões que apresentaram alta infestação da espécie *E. heterophylla* e destacaram o fato de suas populações atingirem altas densidades em áreas com camada de palha que pode ser explicado pelo fato de suas sementes serem relativamente grandes.

O subgrupo A8 é representado por áreas com altas infestações exclusivas da categoria POROL e foi composto por 5 registros. As infestações variaram entre 35% e 80% de cobertura do solo com a categoria POROL. Já, o subgrupo A9 caracterizou-se por alta infestação exclusiva da categoria PANMA em um único registro. Nesta área a porcentagem de cobertura do solo foi de 90%.

O Subgrupo A10 caracterizou-se pelo predomínio da categoria SIDSS com infestações apresentando, em média, cobertura do solo superior a 37%. Essas espécies são dicotiledôneas, produzem grandes quantidades de sementes por planta que permanecem no solo por longos períodos. A germinação responde a diversos estímulos e germinam principalmente em áreas de cana-planta. O subgrupo A11, com 8 registros, apresentou as maiores infestações da categoria DIGSS com porcentagens de cobertura do solo que variaram de 60% até 94%.

O Subgrupo A12 contém 8 registros com infestação da categoria PANMA acompanhado das categorias CYPSS, DIGSS e IPOSS+MRRSS. Estes registros apresentaram infestações com estas plantas daninhas em proporções variadas, porém, com predomínio da espécie *P. maximum* com aproximadamente 17% de cobertura do solo em média, enquanto que as demais infestantes apresentaram notas de cobertura variando de 4% a 11,4% em média. De acordo com MEIRELLES et al. (2009), infestação mista de capim-colonião e folhas largas podem promover perdas de 33% na produtividade da cana-de-açúcar.

O subgrupo A13 é composto de 12 registros com predomínio de plantas daninhas das categorias CYPSS e DIGSS apresentando, respectivamente, porcentagens de cobertura média iguais a 29,2 e 37,1%. Uma das poucas espécies de planta daninha que convive com altas infestações de tiririca é o capim colchão.

O Subgrupo A14 tem 11 registros onde, assim como o subgrupo A11, apresenta predomínio da categoria DIGSS, porém com as porcentagens de cobertura variando de 20% a 50% e média de 33,6%. Segundo DIAS et al. (2007), o capim-colchão ou espécies do gênero *Digitaria*, estão entre as principais espécies de plantas daninhas que infestam os canaviais brasileiros. Causam mais problemas em áreas de plantio ou em soqueiras colhidas com queima prévia da palha, pois 10 a 15 t ha⁻¹ de palha inibiu totalmente a emergência de plântulas de *D. horizontalis* (CORREIA & DURIGAN, 2004).

O Grupo B é composto por 97 registros e pode ser subdivididos em 4 subgrupos; B1, B2, B3 e B4. Cada subgrupo apresenta suas particularidades, porém, caracteriza-se por baixas infestações de plantas daninhas, seja de uma única categoria ou de uma combinação de categorias (Figura 1). Estudando padrões de infestação de comunidades de plantas daninhas no agroecossistema de cana-crua, KUVA et al. (2008), também obteve grupos de talhões com baixa infestação de plantas daninhas e destacou que a simples diferenciação entre talhões alta e baixa infestação poderá acarretar economia de despesas de controle, pois nestes talhões com baixas infestações de plantas daninhas poderiam ser utilizados tratamentos com menor custo ou até mesmo deixar de aplicar herbicidas nestas áreas e optar pelo monitoramento, o que resultaria em grande redução nos custos de produção, gerando maiores lucros.

O subgrupo B1 é composto por 52 registros que apresentam em comum, infestações muito baixas das 11 categorias, com a média da porcentagem de cobertura do solo pelas diferentes categorias não ultrapassando 1,1%. O subgrupo B2 é composto por 23 registros que apresentam em comum baixa infestação da categoria CYPSS. As porcentagens de cobertura por essa categoria atingiram 23% em média. Contudo, embora a infestação de tiririca não esteja alta nestes talhões essa informação é importante para que se possa evitar a disseminação de tubérculos no canavial, pois segundo FERNÁNDEZ-QUINTANILLA et al. (1991), ao priorizar as espécies

predominantes na área não se deve ignorar totalmente as espécies secundárias. O subgrupo B3 é composto por 15 registros que apresentam baixas infestações das categorias AMASS, CYPSS, DIGSS e IPOSS+MRRSS, com porcentagem de cobertura não ultrapassando a média de 6%, 5,4%, 4,2% e 6,3%, respectivamente. As demais categorias (ARHHY, BRADC, BRAPL, EPHHL, PANMA, POROL e SIDSS) apresentaram participação nula ou muito baixa. No subgrupo B4, verificou-se 7 registros com destaque para a categoria BRADC que apresentou, em média, 25,7% de cobertura do solo. Pode-se observar também que em algumas áreas houve convivência com espécies das categorias CYPSS, DIGSS ou IPOSS+MRRSS, embora a infestação com essas não tenham atingido 10% de cobertura em média.

O agrupamento de talhões de acordo com semelhanças na composição da comunidade de plantas daninhas pode permitir um melhor direcionamento na escolha de tratamentos químicos ou estratégias de manejo de plantas daninhas de maneira mais assertiva e econômica, pois as possibilidades de obtenção de sucesso do controle químico em áreas onde é conhecido o tipo de infestação são muito maiores do que em áreas onde prevalece a subjetividade na escolha de tratamentos químicos. Para KUVA et al. (2007), do ponto de vista agrônomo, o conhecimento da estrutura de uma comunidade de plantas daninhas é muito importante, pois antes de empregar um programa de controle, é necessário estabelecer uma ordem de prioridades entre as espécies presentes. As espécies predominantes, pela sua abundância e nocividade, deverão receber uma atenção especial, concentrando quase todos os esforços de controle.

Monitoramento da eficiência do controle químico

A análise discriminante linear separou significativamente dois níveis de controle: satisfatório (97,30% de acerto) e insatisfatório (85,19% de acerto). As taxas de classificações corretas e incorretas na análise discriminante linear de Fisher (ADF) constam na Tabela 3. Ressalta-se ainda, que os registros referentes ao nível de controle

INTERMEDIÁRIO não serão expressos graficamente devido à taxa de acerto ser muito baixa, com valor igual a 25%. Tal fato pode estar associado ao intervalo estreito que contempla este nível de controle (notas de controle superiores a 70% e inferiores a 85%), o que pode aumentar a chance de erro ao considerar que as avaliações são visuais e subjetivas.

Tabela 3. Taxas de acertos e erros resultantes da análise discriminante quanto ao nível do controle químico dos tratamentos aplicados.

	SATISFATÓRIO	INTERMEDIÁRIO	INSATISFATÓRIO
Taxa de acerto (%)	97,30	25,00	85,19
Taxa de erro (%)	2,70	75,00	14,81

De acordo com os resultados da análise discriminante linear, têm-se duas funções discriminantes que representam os níveis de controle Satisfatório e Insatisfatório, assim descritas:

$$Z_{\text{SATISFATÓRIO}} = 0,623(\text{AMASS}) - 0,451(\text{ARHHY}) + 1,402(\text{BRADC}) + 0,797(\text{BRAPL}) + 1,039(\text{CYPSS}) + 1,161(\text{DIGSS}) + 1,176(\text{EPHHL}) + 1,283(\text{IPOSS+MRRSS}) - 0,018(\text{PANMA}) + 0,918(\text{POROL}) + 1,039(\text{SIDSS}) - 2,023.$$

$$Z_{\text{INSATISFATÓRIO}} = 0,078(\text{AMASS}) - 1,422(\text{ARHHY}) - 0,704(\text{BRADC}) - 0,878(\text{BRAPL}) - 1,845(\text{CYPSS}) - 0,257(\text{DIGSS}) - 0,055(\text{EPHHL}) - 0,287(\text{IPOSS+MRRSS}) - 0,296(\text{PANMA}) + 0,216(\text{POROL}) + 0,432(\text{SIDSS}) - 2,374.$$

Considerando os 222 registros que foram analisados pela técnica de análise discriminante, 148 registros foram classificados como de controle satisfatório, ou seja, com porcentagens de eficácia de controle iguais ou superiores a 85%, o que representa 66,7% do total de registros analisados (Figura 2). Por outro lado, 54 registros corresponderam ao nível de controle insatisfatório, que representam 24,3% das áreas analisadas, ou seja, aproximadamente 25% dos registros que foram tratadas

quimicamente apresentaram controle geral de plantas daninhas iguais ou inferiores a 70% (Figura 2).

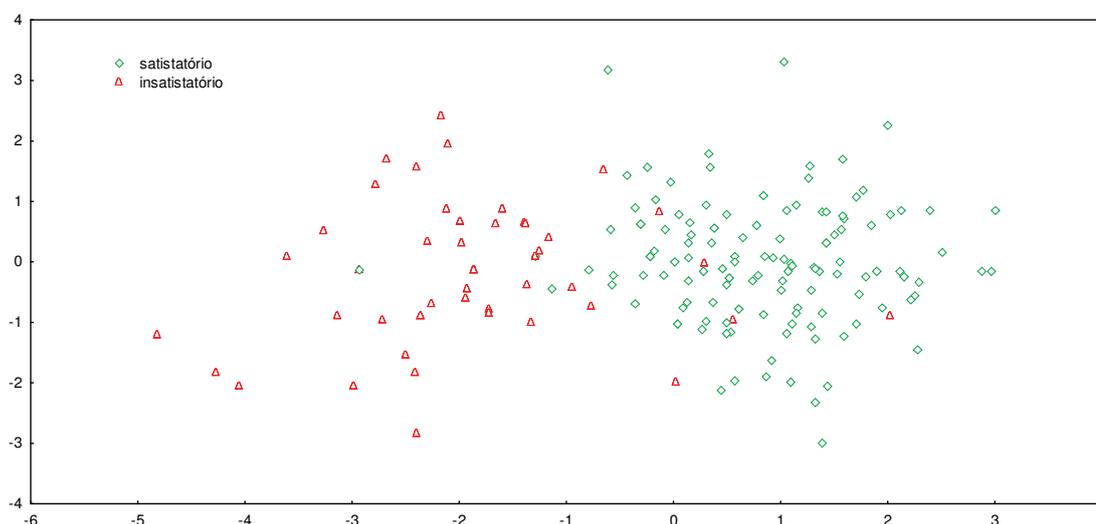


Figura 2. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle satisfatório e insatisfatório para infestação geral de plantas daninhas.

O gráfico bidimensional da Figura 2 pode funcionar como base para avaliação e controle de resultados das aplicações de herbicidas em canaviais. Pode auxiliar, por exemplo, na definição de quais áreas devem receber repasse com uma segunda aplicação de herbicidas com aplicação dirigida ou mesmo em área total. As operações de repasses requerem muita mão-de-obra, o que aumentam os custos de produção da cana-de-açúcar. Outra aplicação dos resultados proporcionados por este tipo de análise é a possibilidade de avaliar os resultados obtidos para diferentes padrões de infestação (subgrupos). Para isso, basta destacar no gráfico bidimensional os registros pertencentes aos diferentes subgrupos obtidos com a técnica de agrupamento hierárquico e determinar a proporção entre casos satisfatórios e insatisfatórios, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Distribuição percentual dos registros pertencentes aos diferentes subgrupos dentro de cada nível de controle.

Subgrupo	% de registros de talhões com nível de controle	
	Satisfatório	Insatisfatório
A1	54,55	27,27
A2	43,75	50,00
A3	73,33	13,33
A4	57,14	42,86
A5	62,50	12,50
A6	42,86	42,86
A7	100,00	0,00
A8	80,00	20,00
A9	100,00	0,00
A10	88,89	11,11
A11	87,50	12,50
A12	80,00	0,00
A13	54,55	36,36
A14	70,00	20,00
B1	87,50	4,17
B2	15,00	70,00
B3	64,29	35,71
B4	66,67	33,33

Na Tabela 4 é possível destacar subgrupos de infestação que estão sendo bem manejados, com mais 85% de sucesso, como é o caso dos subgrupos A7, A9, A10 e A11 e talhões manejados de forma equivocada, com mais de 40% de fracasso, como é o caso dos subgrupos A2, A4, A6 e B2. As causas de fracasso podem estar associadas ao fato dos tratamentos químicos não estarem sendo posicionados mediante prévio conhecimento do tipo de infestação de cada área. A diferenciação entre casos de sucesso e fracasso é importante para o estabelecimento dos modelos de combinações entre tratamentos químicos e tipos de infestação de plantas daninhas que podem ser repetidos em casos semelhantes. Por outro lado, casos de fracasso podem direcionar a busca de novas alternativas. KUVA et al. (2008) relatam que o conhecimento mais aprofundado da composição da flora de plantas daninhas e o desenvolvimento de um

sistema para controle de resultados contribuirão para a redução das despesas destinadas ao controle de plantas daninhas, pois os recursos poderão ser empregados de maneira mais criteriosa e específica, em função das características da área, dos herbicidas e da comunidade de plantas daninhas.

Com base no exposto, o ideal seria que os talhões discriminados por esta análise, ou seja, àqueles representados por níveis de controle SATISFATÓRIO e INSATISFATÓRIO, fossem reavaliados após a análise para fins de validação dos resultados obtidos, pois caso a validação seja positiva, este modelo poderia ser utilizado no controle de qualidade da usina participante. Sendo assim, fases de construção do modelo e de teste são necessárias, pois podem permitir num próximo passo, a validação dos resultados através de registros de talhões coletados em outras usinas. Visando estas fases (Construção do modelo e Teste), os resultados de controle disponíveis no banco de dados foram auditados e quando necessário (como no caso dos intermediários) foram reclassificados em nível de controle satisfatório e insatisfatório. Na sequência, o banco de dados foi subdividido aleatoriamente em dois grupos independentes de amostras, onde o primeiro foi constituído por 66% dos registros do banco de dados, os quais foram utilizados para construir o modelo; e o segundo foi constituído por 34% dos registros do banco de dados, os quais foram utilizados para fazer o teste. De acordo com o resultado da análise discriminante linear verificou-se desempenho semelhante entre a fase de construção do modelo e fase de teste, com separação significativa dos dois níveis de controle satisfatório e insatisfatório a partir de taxas de acerto muito próximas para ambas as fases analisadas, conforme pode ser observado na Tabela 5.

Tabela 5. Taxas de acertos e erros resultantes da análise discriminante da fase de teste e de construção do modelo quanto ao nível do controle químico dos tratamentos aplicados.

	FASE	SATISFATÓRIO	INSATISFATÓRIO
Taxa de acerto (%)	Construção do modelo	98,23%	88,88%
	Teste	96,29%	87,50%

Conclusões

Considerando as onze categorias estudadas e o nível de infestação de 2% de participação mínima, foram detectados dois grandes grupos de talhões: um com alta infestação de plantas daninhas e outro com baixa infestação. Dentro de cada grupo foram detectados subgrupos de acordo com a composição de espécies, catorze dentro do grupo com alta infestação e quatro dentro do grupo com baixa infestação. Foi possível ainda avaliar a proporção entre casos de sucesso e fracasso no controle de plantas daninhas na usina de modo geral e para cada padrão de infestação.

CAPÍTULO 3 – USO DA ANÁLISE DISCRIMINANTE LINEAR PARA AVALIAÇÃO DO CONTROLE QUÍMICO DE PLANTAS DANINHAS EM ÁREAS DE CANA-DE-AÇÚCAR

RESUMO - Esta pesquisa consistiu na análise de um banco de dados de 222 registros, fornecido pela Usina Santa Cruz, localizada em Américo Brasiliense (SP). Teve como objetivo avaliar a eficiência dos principais tratamentos químicos aplicados para controlar comunidades de plantas daninhas em áreas de cana-de-açúcar, assim como sua relação com o custo médio dos tratamentos empregados, utilizando a análise discriminante linear. O banco de dados utilizado neste estudo contempla informações de infestação e de eficiência de controle de plantas daninhas e informações sobre os tratamentos químicos empregados, coletados em 2009 e 2010 por um sistema de monitoramento denominado “matologia”. Com as informações de infestação e de controle de plantas daninhas foi realizada a análise discriminante linear, a qual possibilitou a discriminação de dois grupos, casos de satisfação e insatisfação. Permitiu, ainda, avaliar a proporção entre casos de satisfação e insatisfação obtidos com os oito principais tratamentos químicos empregados pela usina e contidos no banco de dados. Também foi possível avaliar a proporção entre casos de satisfação e insatisfação para quatro categorias de custo médio por tratamento. Concluiu-se que no programa de manejo de plantas daninhas adotado pela usina alguns tratamentos estão bem posicionados e proporcionaram grande satisfação, porém, alguns tratamentos apresentaram necessidade de ajustes devido a numerosos casos de insatisfação. O custo médio por tratamento a ser praticado pela usina deve estar entre US\$65,80 até US\$107,41, pois proporcionou 75% de casos satisfatórios deixando espaço para melhorias com ajustes técnicos e de posicionamento de tratamentos químicos.

Palavras-Chave: *Sacharum* spp, matologia, herbicidas, estatística multivariada

Introdução

As comunidades de plantas daninhas representam um importante fator biótico presente nas áreas agrícolas, inclusive de produção de cana-de-açúcar. Segundo VICTORIA FILHO & CHRISTOFFOLETI (2004), a redução da produtividade da cana-de-açúcar devido à concorrência de plantas infestantes pode ser de até 85%, quando não controladas. Considerando todas as operações relacionadas ao controle de plantas daninhas, os recursos demandados podem variar de 30% a 35% na cana-planta e de 40% a 45% na cana soca (ROLIM & PASTRE, 2000). A cana-de-açúcar é uma das principais culturas em consumo de herbicidas no Brasil (PROCÓPIO et al., 2003), pois o método químico é o mais econômico e o de maior rendimento em comparação com outros métodos.

Um estudo de BLANCO (2003) apontou o preparo do solo, a reforma do canavial, plantio ou soqueira, o período residual, o grupo de plantas daninhas predominantes e a sua abundância, o tipo de solo e teor de matéria orgânica, a solubilidade, a persistência, a rotação de herbicidas, e as misturas dos herbicidas, como fatores que podem maximizar o controle das plantas daninhas e o efeito dos herbicidas no ambiente.

No Brasil, existem inúmeros herbicidas registrados junto ao Ministério da Agricultura para a cultura da cana-de-açúcar com diferentes características físico-químicas, que ao interagirem com as condições edáficas e climáticas do meio, refletem sobre o espectro de plantas controladas e o período residual de controle. Quanto maior for o conhecimento sobre esses fatores melhor será a escolha do tratamento químico. Assim, surge a necessidade de organizar um banco de dados calcado em sistema de monitoramento de plantas daninhas e da eficiência de controle.

Segundo FERREIRA et. al (2011), sistemas de monitoramento que resultem no melhor conhecimento da flora de plantas daninhas e que possibilitem avaliar a contribuição dos tratamentos químicos, através de medidas de grau de satisfação, podem nortear a escolha dos tratamentos químicos para safras posteriores. Buscando obter melhorias no processo de controle químico de plantas daninhas, algumas usinas

têm realizado monitoramento das comunidades infestantes em canaviais e avaliado o controle com a utilização de tratamentos químicos.

Uma fase importante do monitoramento é a análise dos dados. O processo de controle de plantas daninhas é influenciado por vários fatores, como mencionado anteriormente. Trata-se, portanto, de um processo multivariado. Sendo assim, as técnicas estatísticas de análise multivariada podem ser muito úteis para uma avaliação mais detalhada dos efeitos dos tratamentos no controle de plantas daninhas. De acordo com NKURUNZIZA & MILBERG (2007), a estatística multivariada foi projetada para resumir um conjunto de dados complexos que é o caso quando se tem comunidades vegetais agindo em processos agrícolas.

Desta maneira objetivou-se com o presente estudo avaliar a eficiência dos principais tratamentos químicos aplicados em comunidades de plantas daninhas em áreas de cultivo de cana-de-açúcar, assim como sua relação com o custo médio dos tratamentos empregados, utilizando técnicas de análise multivariada através da análise discriminante.

Material e Métodos

Os dados utilizados para o desenvolvimento desta pesquisa foram fornecidos pela Usina Santa Cruz, cuja unidade industrial fica situada no município de Américo Brasiliense, região central do Estado de São Paulo. Do acervo de dados foram fornecidos dados coletados em 222 talhões de cana-planta e cana-soca monitorados durante os anos 2009 e 2010.

Para a construção do banco de dados, a usina manteve pequenas áreas de observação no interior de alguns talhões sem aplicação de herbicidas com posterior avaliação da presença de plantas daninhas nestas áreas, atribuindo notas visuais de cobertura (0 a 100%) além da avaliação do controle de plantas daninhas nos arredores dessas áreas atribuindo notas visuais de controle (0 a 100%). Informações sobre os

herbicidas e as doses utilizadas na composição do tratamento químico empregado em cada um dos 222 talhões completaram o banco de dados.

As áreas de observação foram alocadas aleatoriamente no interior dos talhões evitando proximidade inferior a 30 metros em relação a carregadores e apresentaram como dimensões 7,0 metros de largura por 12 metros de comprimento. A cada 100 hectares foram demarcadas três áreas de observação. As avaliações de cobertura das principais espécies de plantas daninhas nas áreas demarcadas e de porcentagem de controle obtido nos arredores foram realizadas entre 80 e 120 dias após a aplicação de herbicidas no restante do talhão.

Preliminarmente à realização das análises exploratórias de dados, foram criadas tabelas cadastrais no programa Microsoft Office Excel contendo as informações de campo de forma estruturada. O passo seguinte à organização da tabela de dados cadastrais foi reduzir o número de categorias de plantas daninhas, adotando como critério o nível de 2% de participação mínima quanto à porcentagem de cobertura considerando o conjunto de talhões estudados e aspectos agrônômicos relevantes, conforme metodologia adotada por FERREIRA et al. (2011). Com a redução permaneceram no banco de dados as seguintes categorias de plantas daninhas: AMASS (*Amaranthus* spp.), ARHHY (*Arachis hipogaea*), BRADC (*Brachiaria decumbens*), BRAPL (*Brachiaria plantaginea*), CYPSS (*Cyperus* spp), DIGSS (*Digitaria* spp.), EPHHL (*Euphorbia heterophylla*), IPOSS+MRRSS (*Ipomoea* spp. + *Merremia* spp.), PANMA (*Panicum maximum*), POROL (*Portulaca oleraceae*) e SIDSS (*Sida* spp.).

A tabela de dados estruturados e reduzidos quando ao número de categorias de plantas daninhas foi submetida às análises exploratórias pela técnica de análise discriminante linear utilizando dados de infestação de plantas daninhas e de eficácia de controle. Essa técnica foi utilizada para discriminar os talhões quanto os resultados de controle obtidos. As análises estatísticas foram realizadas com o uso do programa STATISTICA 7 de acordo com os procedimentos descritos na apostila de Técnicas de Análise Multivariada (FERRAUDO, 2009).

Antecedendo a aplicação da técnica de análise discriminante, dois procedimentos foram realizados. O primeiro procedimento objetivou a obtenção de um conceito de controle geral considerando o conjunto de espécies e categorização em níveis de satisfação. Para isso, as porcentagens de cobertura das plantas daninhas individuais nas áreas de observação, e as porcentagens de controle de plantas daninhas individuais atribuídas nos arredores, foram utilizadas para calcular por média ponderada, o controle geral na área aplicada. Posteriormente, a porcentagem de controle geral foi transformada em variável categórica conforme a regra: $\geq 85\%$ satisfatório; $\leq 70\%$ insatisfatório e $70\% < x < 85\%$ intermediário.

No segundo procedimento, foi construída uma tabela de dados contendo variáveis numéricas que sumarizam num único valor o nível de infestação específica das plantas daninhas na área de observação, e o nível de controle obtido nos arredores. Os dados desta tabela foram atribuídos obedecendo à regra descrita na Tabela 1, onde a separação entre o nível de infestação alto e baixo foi realizado pela mediana das porcentagens de cobertura específica obtida nos talhões avaliados. Já para atribuir alto ou baixo nível de controle de plantas daninhas, foi considerada a nota de corte de 85%, onde nível de controle alto foi atribuído para as categorias que tiveram notas de controle superior ou igual a 85%; e nível de controle baixo foi atribuído para as categorias que tiveram notas de controle inferior a 85%. Ressalta-se que a nota de corte de 85% foi baseada na escala de avaliação visual da eficiência de controle das plantas daninhas através dos herbicidas, desenvolvida pela ALAM (1974), a qual destaca como nível de controle classificado como “muito bom” porcentagens de controle pertencentes ao intervalo 81% - 90%.

Tabela 1. Regra utilizada para atribuição de valores numéricos que sumarizam nível de infestação de plantas daninhas e nível de controle obtido com o tratamento químico empregado.

Nível de infestação	Nível de controle	Valor atribuído
Alto (% cobertura \geq mediana)	Alto (% controle ≥ 85)	+ 2
	Baixo (% controle < 85)	- 2
Baixo (% cobertura $<$ mediana)	Alto (% controle ≥ 85)	+ 1
	Baixo (% controle < 85)	- 1
Espécie ausente	Espécie Ausente	0

A tabela de dados contendo os valores +2; -2; 0; -1 e +1 e os níveis de eficiência; satisfatório, intermediário e insatisfatório como variáveis dependentes foram utilizados para a realização da análise discriminante linear na tentativa de discriminar os três níveis de eficiência.

O gráfico bidimensional, resultante da análise discriminante, foi utilizado como base para avaliação e controle de resultados das aplicações de herbicidas nos canaviais que compuseram este estudo. Para isso, foram destacados no gráfico bidimensional os principais tratamentos químicos, considerando-se somente os produtos e desconsiderando-se variação de doses. Em seguida, determinou-se a proporção entre casos satisfatórios e insatisfatórios.

Da mesma forma, o gráfico bidimensional também foi utilizado para avaliar a relação entre sucesso no controle de plantas daninhas, ou seja, proporção entre casos satisfatórios e insatisfatórios e o custo do tratamento empregado. Para isso, foram pesquisados os custos dos 43 tratamentos químicos aplicados nos talhões que fizeram parte desta pesquisa, através do levantamento de preços de defensivos agrícolas no Estado de São Paulo disponibilizado pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA). Os preços dos herbicidas disponibilizados pelo IEA representam a média aritmética simples resultante de pesquisas realizadas quatro vezes ao ano em 34 municípios do Estado de São Paulo. Ressalta-se ainda que os preços considerados na pesquisa do IEA são àqueles praticados no balcão.

Para o cálculo do custo dos tratamentos por hectare, foram utilizados os preços de herbicidas disponibilizados pelo IEA, no período de outubro de 2008 a outubro de 2009, período este, em que foram aplicados os tratamentos químicos para o controle de plantas daninhas nos talhões utilizados nesta pesquisa. Foram consideradas as combinações de herbicidas e as diferentes doses para cálculo final do custo do tratamento aplicado por hectare. Os valores finais obtidos na unidade de moeda local – Real (R\$) foram transformados para a unidade de moeda Dólar (US\$) considerando a cotação do valor médio mensal do dólar comercial, também para o período de outubro de 2008 a outubro de 2009. Em seguida se estabeleceu quatro categorias de custo

médio por hectare de tratamentos: (1) de US\$ 24,20 até US\$ 65,80; (2) de US\$ 65,80 até US\$ 107,41; (3) de US\$ 107,41 até US\$ 149,02; (4) de US\$ 149,02 até US\$ 190,62.

Resultados e Discussões

A classificação de acertos obtida com a análise discriminante linear para a categoria “satisfatório” foi de 97,30% e para a categoria “insatisfatório” 85,19%. Ressalta-se ainda, que os registros referentes ao nível de controle intermediário não foram expressos graficamente devido à taxa de acerto ser muito baixa, com valor igual a 25% (Tabela 2).

Tabela 2. Taxas de acertos e erros resultantes da análise discriminante quanto ao nível do controle químico dos tratamentos aplicados.

	SATISFATÓRIO	INTERMEDIÁRIO	INSATISFATÓRIO
Taxa de acerto (%)	97,30	25,00	85,19
Taxa de erro (%)	2,70	75,00	14,81

De acordo com a análise discriminante linear, têm-se duas funções que representam os níveis de controle satisfatório e insatisfatório. Essas funções são descritas pelas equações abaixo:

$$Z_{\text{SATISFATÓRIO}} = 0,623(\text{AMASS}) - 0,451(\text{ARHHY}) + 1,402(\text{BRADC}) + 0,797(\text{BRAPL}) + 1,039(\text{CYPSS}) + 1,161(\text{DIGSS}) + 1,176(\text{EPHHL}) + 1,283(\text{IPOSS+MRRSS}) - 0,018(\text{PANMA}) + 0,918(\text{POROL}) + 1,039(\text{SIDSS}) - 2,023.$$

$$Z_{\text{INSATISFATÓRIO}} = 0,078(\text{AMASS}) - 1,422(\text{ARHHY}) - 0,704(\text{BRADC}) - 0,878(\text{BRAPL}) - 1,845(\text{CYPSS}) - 0,257(\text{DIGSS}) - 0,055(\text{EPHHL}) - 0,287(\text{IPOSS+MRRSS}) - 0,296(\text{PANMA}) + 0,216(\text{POROL}) + 0,432(\text{SIDSS}) - 2,374.$$

Considerando os 222 registros que foram analisados pela técnica de análise discriminante, 148 registros foram classificados como de controle satisfatório, ou seja, com porcentagens de eficácia de controle iguais ou superiores a 85% que representam 66,7% do total de registros analisados. Por outro lado, os registros que corresponderam ao nível de controle insatisfatório, foram 54, que representam 24,3% das áreas analisadas, ou seja, aproximadamente 25% dos registros que foram tratados quimicamente apresentaram controle geral de plantas daninhas igual ou inferior a 70%.

Analisando os resultados da análise discriminante linear para os 43 tratamentos químicos que constam no banco de dados (Tabela 3), tem-se que, 33 tratamentos químicos apresentaram nível de controle predominantemente satisfatório, superior a 85%. Por outro lado, dez tratamentos apresentaram predomínio de casos intermediários ou insatisfatório de controle de plantas daninhas, inferior a 85%.

Os tratamentos químicos utilizados para controle de plantas daninhas interagem de diferentes formas com as condições edáficas e climáticas do meio (CHRISTOFFOLETI & LÓPEZ-OVEJERO, 2005). Com isso, a expressão do espectro de plantas controladas e do período residual de controle pode sofrer variações, dependendo das condições desses fatores que se interagem (composição da comunidade, característica do herbicida e condições do meio).

O gráfico da Figura 1 ilustra o número de registros para cada tratamento químico contido no banco de dados. Em geral os diferentes tratamentos químicos foram utilizados em 1 ou em até 20 talhões de cana-de-açúcar do banco de dados. Oito tratamentos mais utilizados, ou seja, aqueles que foram aplicados em pelo menos 10 casos, foram destacados na Figura 1. Através desta Figura, é possível observar que acima da linha azul destacaram-se os tratamentos com Boral (sulfentrazone) + DMA 806 (2,4 D) + Velpar K (diurom + hexazinona); Boral (sulfentrazone) + Velpar K (diurom + hexazinona); Combine (tebutiuron) + Provence (isoxaflutole); Dinamic (amicarbazone) + DMA 806 (2,4 D) + Provence (isoxaflutole); Dinamic (amicarbazone) + Velpar K (diurom + hexazinona); Krismat (trifloxysulfuron sodium + ametrina) + Velpar K (diurom + hexazinona); Provence (isoxaflutole) + Velpar K (diurom + hexazinona) e Velpar K (diurom + hexazinona).

Tabela 3. Distribuição percentual de casos de satisfação e insatisfação para diferentes tratamentos químicos utilizados no programa de controle de plantas daninhas na usina Santa Cruz.

Tratamento químico	% de registros de talhões com nível de controle	
	Satisfatório	Insatisfatório
1 Advance ¹ + Boral ² + DMA 806 ³	0,0	100
2 Advance + Boral + DMA 806 + Sencor ⁴	83,3	0
3 Advance + DMA 806 + Sencor	100	0
4 Ally ⁵ + Boral + Gamit ⁶	40	20
5 Ally + Gamit + Gesapax ⁷	100	0
6 Boral + Combine ⁸	100	0
7 Boral + Combine + DMA 806 + Sencor	100	0
8 Boral + Combine + Gesapax	100	0
9 Boral + Combine + Sencor	100	0
10 Boral + DMA 806	33,3	66,7
11 Boral + DMA 806 + Dual Gold ⁹	75	0
12 Boral + DMA 806 + Dual Gold + Sencor	71,4	14,3
13 Boral + DMA 806 + Gamit	100	0
14 Boral + DMA 806 + Gamit + Gesapax	100	0
15 Boral + DMA 806 + Gamit + sencor	100	0
16 Boral + DMA 806 + Sencor	50	0,0
17 Boral + DMA 806 + Velpar K ¹⁰	92,9	0,0
18 Boral + Dual Gold	0	100,0
19 Boral + Dual Gold + Velpar K	100	0
20 Boral + Gamit	100	0
21 Boral + Gamit + Sencor	100	0
22 Boral + Velpar K	73,3	6,7
23 Combine + Dinamic ¹¹	100	0
24 Combine + DMA 806 + Provence ¹²	100	0
25 Combine + Gamit	100,0	0,0
26 Combine + Gesapax	100,0	0,0
27 Combine + Provence	60,0	40,0
28 Combine + Provence + Velpar K	100,0	0,0
29 Combine + Sencor	100,0	0,0
30 Combine + Velpar K	44,4	55,6
31 Dinamic + DMA 806 + Provence	26,7	46,7
32 Dinamic + DMA 806 + Velpar K	100,0	0,0
33 Dinamic + Provence	37,5	37,5
34 Dinamic + Velpar K	30,0	60,0
35 DMA 806 + Gamit + Sencor	100,0	0,0
36 DMA 806 + Krismat ¹³ + Velpar K	75,0	0,0
37 DMA 806 + Sencor	100,0	0,0
38 DMA 806 + Sencor + Velpar K	100,0	0,0
39 Gamit + Velpar K	100,0	0,0
40 Krismat + Velpar K	84,6	15,4
41 Plateau ¹⁴ + Velpar K	100,0	0,0
42 Provence + Velpar K	41,7	41,7
43 Velpar K	80,0	20,0

¹- diuron + hexazinona; ²- sulfentrazone; ³- 2,4D; ⁴- metribuzin; ⁵- metsulfuron-mthyl; ⁶- clomazone; ⁷- ametrina; ⁸- tebutiuron; ⁹- s-metolachlor; ¹⁰- diuron + hexazinona; ¹¹- amicarbazone; ¹²- isoxaflutole; ¹³- trifloxysulfuron-sodium + ametrina; ¹⁴- imazapic

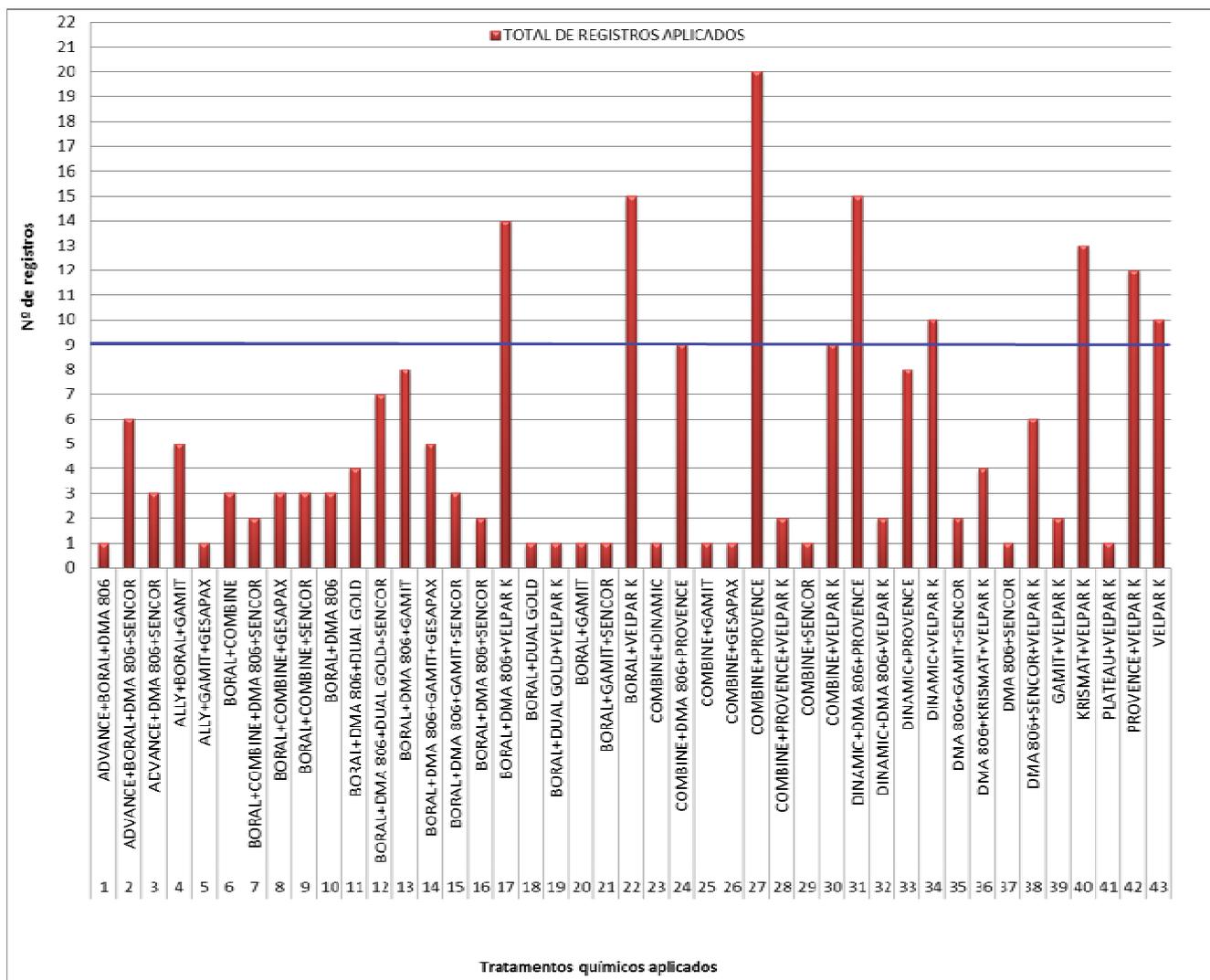


Figura 1. Número de registros para cada tratamento químico presente no banco de dados de áreas de cana-de-açúcar da usina Santa Cruz monitorados em 2008 e 2009.

Nas figuras de 2 a 8 constam os gráficos bidimensionais resultante da análise discriminante linear com os 222 registros de talhões de cana-de-açúcar. Dois grupos são discriminados, um contendo os casos satisfatórios e o outro os casos insatisfatórios. Em cada um dos gráficos, os oito principais tratamentos químicos utilizados podem ser avaliados quanto ao seu desempenho, ou seja, quanto à proporção entre casos satisfatórios e insatisfatórios.

Nas Figuras 2, 3 e 4 são ilustrados quatro casos de insucesso no controle de plantas daninhas. Pela Figura 2, se observa que a maior parte dos registros, nas quais foram pulverizados com o tratamento Dinamic (amicarbazone) + DMA 806 (2,4 D) + Provence (isoxaflutole), coincidiu com talhões com nível insatisfatório de controle de plantas daninhas. Desta maneira, pode-se admitir que o posicionamento desse tratamento químico não foi adequado e deve ser considerada a possibilidade de alteração ou ajuste. Para tal ajuste, deve-se considerar o conhecimento do tipo de infestação, a dose dos herbicidas, a época do ano, as parcerias com outros herbicidas, como também aspectos climáticos e edáficos do talhão para entender as interações, visando elevar a eficiência no manejo de plantas daninhas.

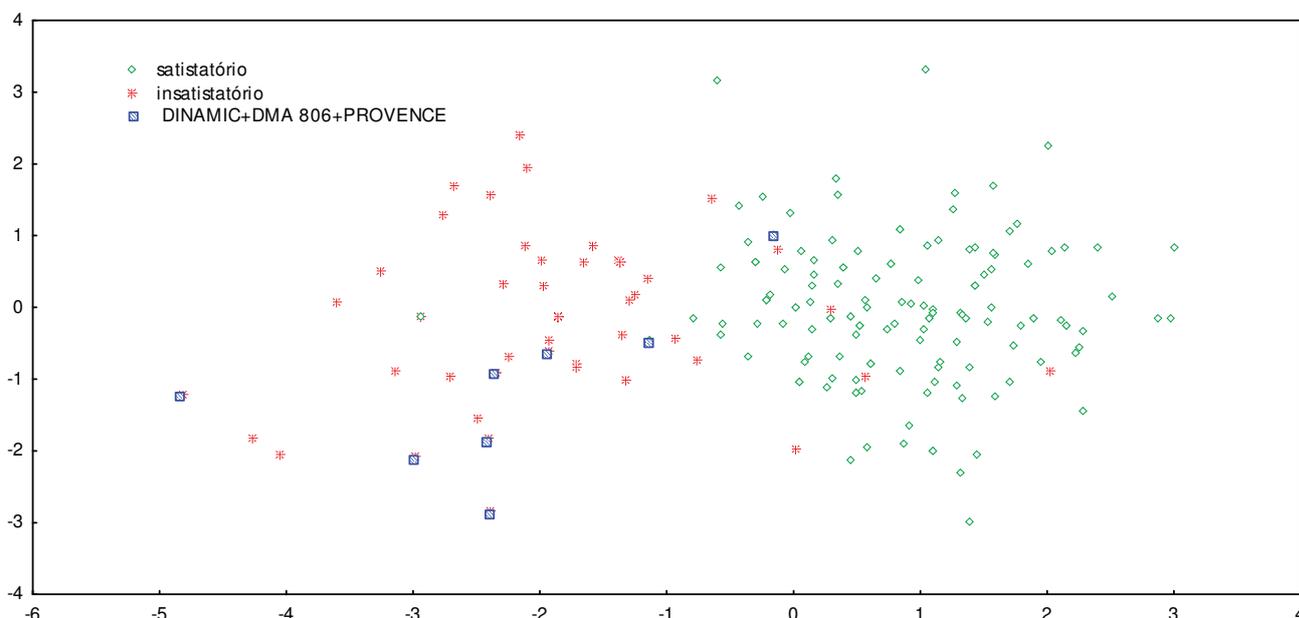


Figura 2. Gráfico bidimensional resultante da análise discriminante linear contendo talhões de cana-de-açúcar com controle satisfatório e insatisfatório das plantas daninhas com destaque para os talhões tratados com a combinação Dinamic + DMA 806 + Provence.

Casos semelhantes foram obtidos com os tratamentos com a combinação dos herbicidas Dinamic (amicarbazone) + Velpar K (diurom + hexazinona) e Velpar K (diurom + hexazinona) + Provence (isoxaflutole), que devem ser reposicionados ou ajustados, visto que, a maioria dos registros de áreas que receberam estes tratamentos

coincidiu com talhões com nível insatisfatório de controle de plantas daninhas (Figura 3 e 4, respectivamente).

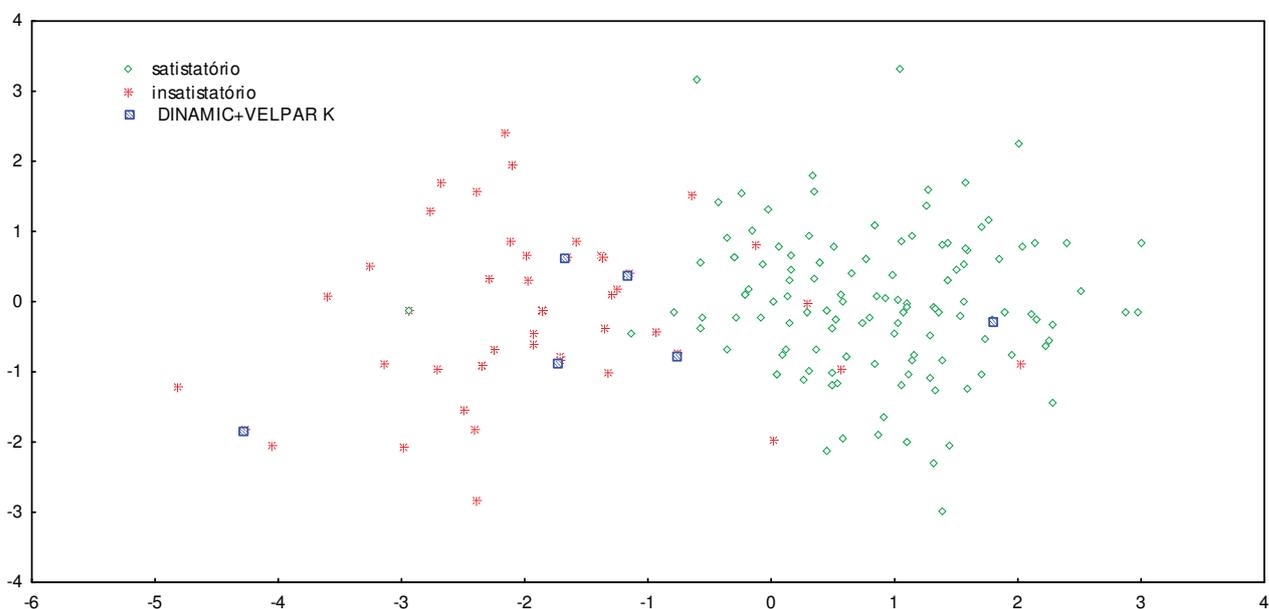


Figura 3. Gráfico bidimensional resultante da análise discriminante linear contendo talhões de cana-de-açúcar com controle satisfatório e insatisfatório das plantas daninhas com destaque para os talhões tratados com a combinação Dinamic + Velpar K.

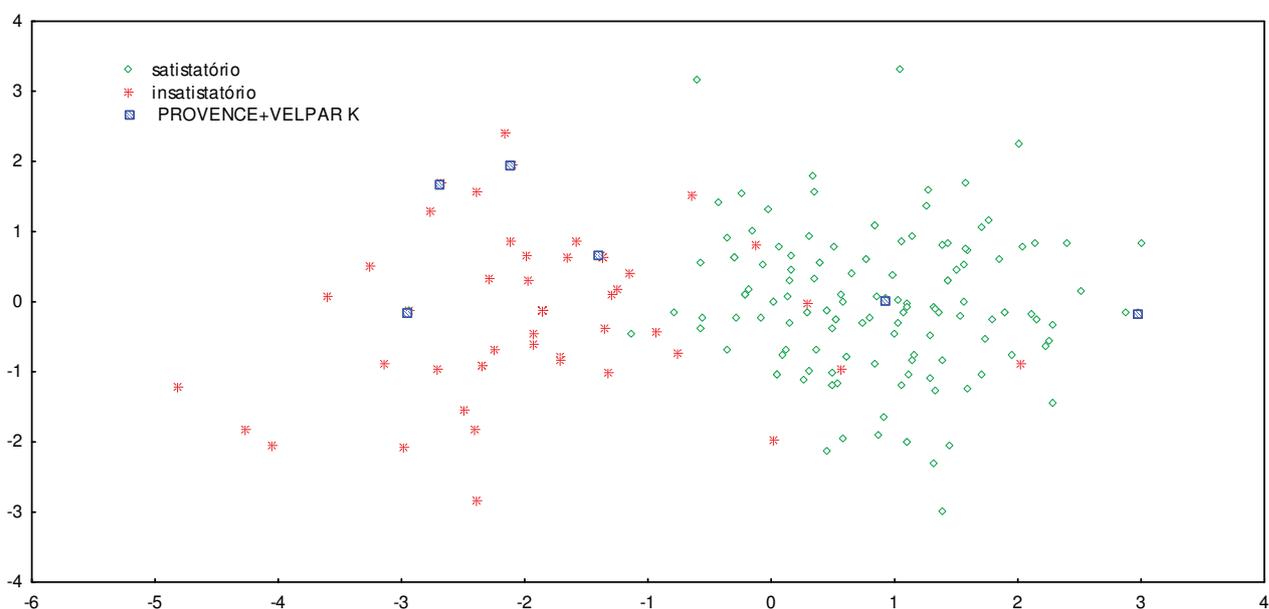


Figura 4. Gráfico bidimensional resultante da análise discriminante linear contendo talhões de cana-de-açúcar com controle satisfatório e insatisfatório das plantas daninhas com destaque para os talhões tratados com a combinação Velpar K + Provence.

Situação intermediária foi obtida com o tratamento com Combine (tebutiuron) + Provence (isoxaflutole). Pela Figura 5, verifica-se que 60% de registros com este tratamento coincidiram com talhões com nível de controle satisfatório e 40% dos registros coincidiram com talhões com nível de controle insatisfatório. Esta proporção obtida com este tratamento não é uma situação aceitável no controle de plantas daninhas em canaviais, visto que, 40% de áreas requerem reaplicação ou, caso contrário, podem resultar em prejuízos para a usina no que diz respeito a diversos fatores, dentre eles: dificuldades no estabelecimento da cultura devido a interferências e competição de plantas infestantes; aumento do banco de sementes de plantas daninhas da área; aumento de necessidade de repasse no controle de plantas daninhas; e dificuldades na colheita causada por altas infestações de plantas daninhas.

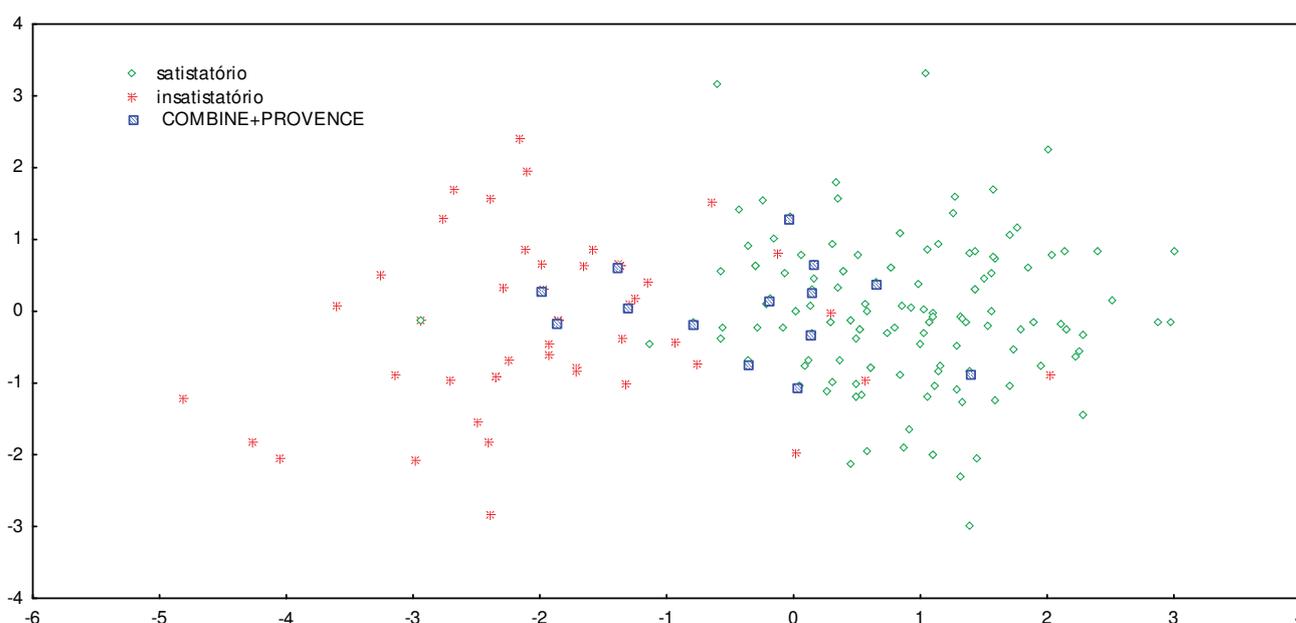


Figura 5. Gráfico bidimensional resultante da análise discriminante linear contendo talhões de cana-de-açúcar com controle satisfatório e insatisfatório das plantas daninhas com destaque para os talhões tratados com a combinação Combine + Provence.

Segundo KUVA et al. (2007), a escolha dos tratamentos com herbicidas voltados para o controle de plantas daninhas em canaviais tem sido realizada com critério definido, sem incluir todas as variáveis necessárias (ex.: o conhecimento mais aprofundado da

comunidade infestante) para potencializar o efeito de controle e de redução da interferência das plantas daninhas sobre a cultura. Além disso, devido aos vários fatores que atuam no processo de controle de plantas daninhas é comum a obtenção de casos de insucesso.

A realização de auditorias investigativas nos casos de insucesso é outro passo importante, pois possibilita entender melhor as possíveis causas do insucesso, e conseqüentemente, fornecer subsídios técnicos para melhor manejar determinados tipos de infestação de plantas daninhas diante das variações edáficas e climáticas. O melhor entendimento levará, sem dúvida, ao aumento dos casos de sucesso em detrimento dos casos de insucesso, seja substituindo tratamentos químicos ou realizando ajustes de dose ou de parcerias entre herbicidas.

Por outro lado, alguns tratamentos químicos apresentaram alta freqüência de resultados satisfatórios e são ilustrados nas figuras 6 a 10. Na Figura 6 observa-se coincidência total dos talhões tratados com a combinação de Boral (sulfentrazone) + DMA 806 (2,4 D) + Velpar K (diurom + hexazinona) com àqueles cujos resultados de controle foram satisfatórios, o que demonstra que esse tratamento químico foi posicionado corretamente no manejo de plantas daninhas da usina.

Outro caso de sucesso foi o posicionamento do tratamento com Boral (sulfentrazone) + Velpar K (diurom + hexazinona), conforme Figura 7, onde é possível observar também, grande coincidência entre talhões tratados com este tratamento com talhões onde se obteve nível satisfatório de controle. Porém, de acordo com os resultados demonstrados na Tabela 1, 20% dos registros que foram aplicados com este tratamento apresentaram nível de controle intermediário e que não são expressos no gráfico bidimensional da Figura 7, e apenas 6,7% dos registros aplicados com este tratamento apresentaram nível de controle insatisfatório. Isto indica que algum ajuste pode ser realizado no posicionamento deste tratamento no programa de manejo utilizado pela usina.

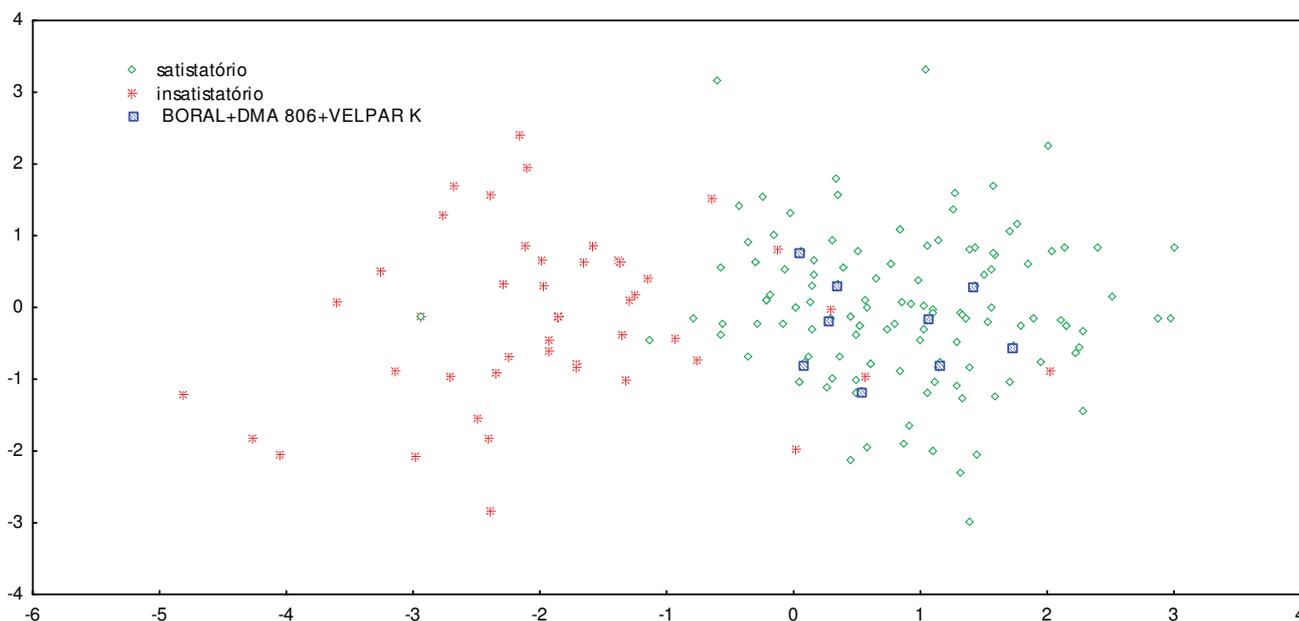


Figura 6. Gráfico bidimensional resultante da análise discriminante linear contendo talhões de cana-de-açúcar com controle satisfatório e insatisfatório das plantas daninhas com destaque para os talhões tratados com a combinação Boral + DMA 806 + Velpar K.

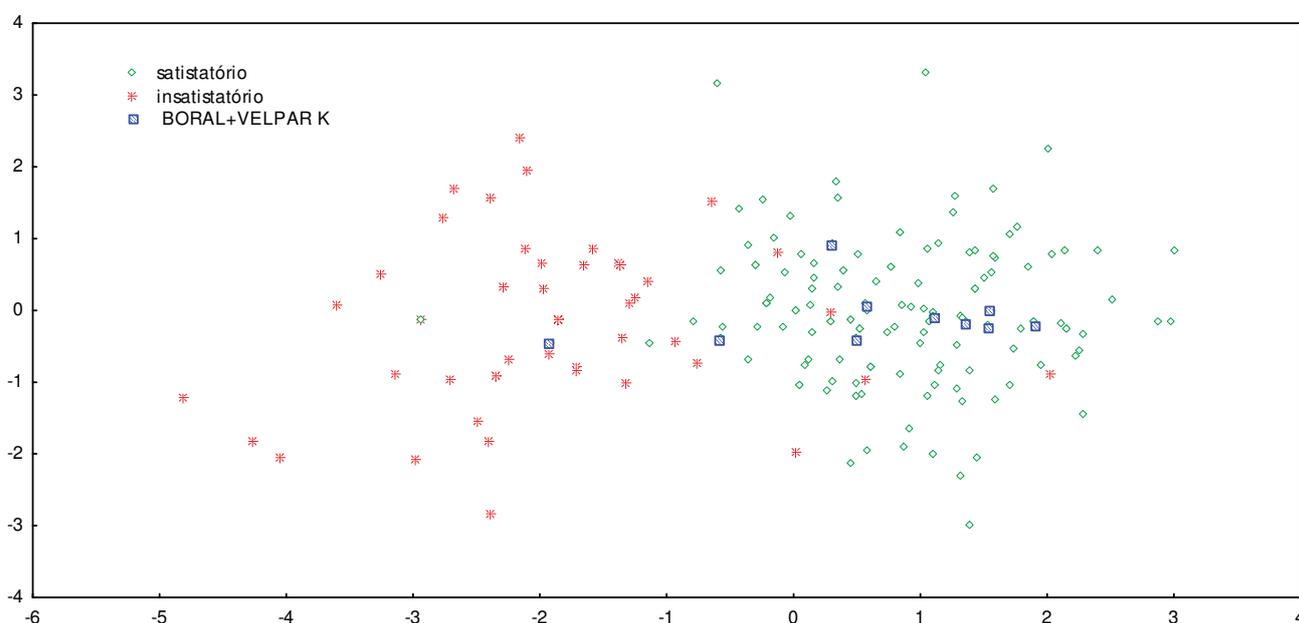


Figura 7. Gráfico bidimensional resultante da análise discriminante linear contendo talhões de cana-de-açúcar com controle satisfatório e insatisfatório das plantas daninhas com destaque para os talhões tratados com a combinação Boral + Velpar K.

Nas figuras 8 e 9 mais dois casos de sucesso são apresentados. A dispersão nos gráficos bidimensionais ilustra quase totalidade de coincidência entre talhões tratados com a combinação de Krismat (trifloxysufluron sodium + ametrina) + Velpar K (diurom + hexazinona) (Figura 8) e Velpar K (diurom + hexazinona) aplicado isolado (Figura 9) com aqueles talhões onde o nível de controle foi considerado satisfatório, indicando que estes tratamentos, quando utilizados no controle de plantas daninhas, foram posicionados corretamente pela usina.

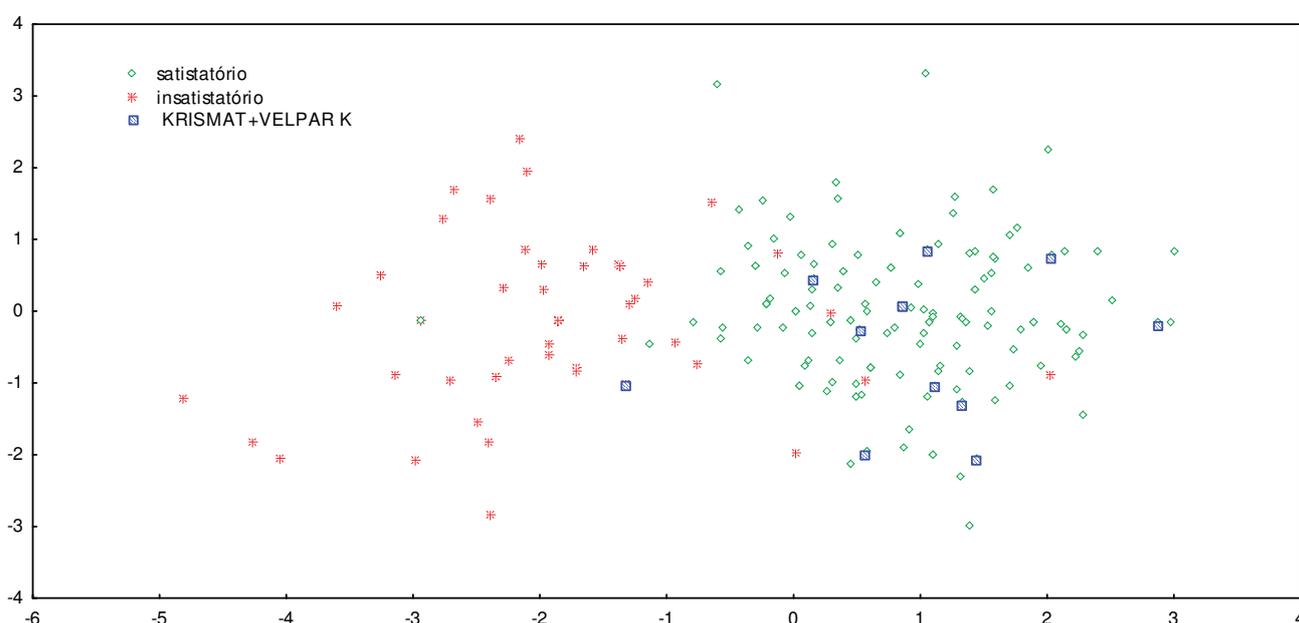


Figura 8. Gráfico bidimensional resultante da análise discriminante linear contendo talhões de cana-de-açúcar com controle satisfatório e insatisfatório das plantas daninhas com destaque para os talhões tratados com a combinação Krismat + Velpar K.

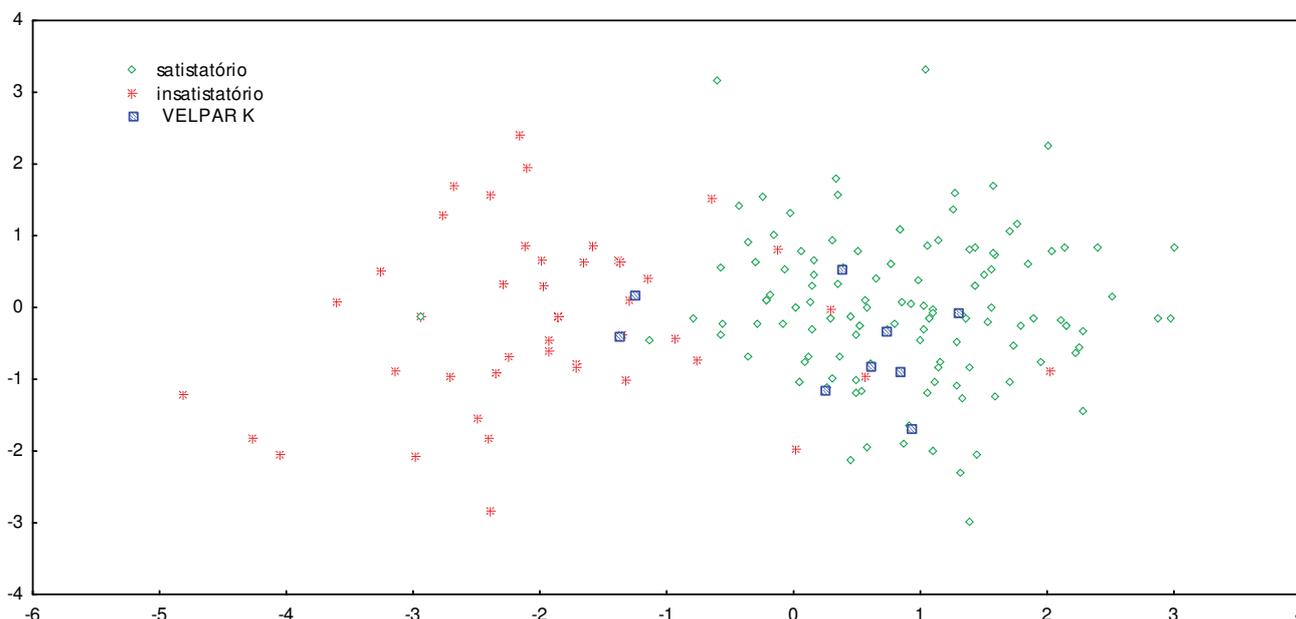


Figura 9. Gráfico bidimensional resultante da análise discriminante linear contendo talhões de cana-de-açúcar com controle satisfatório e insatisfatório das plantas daninhas com destaque para os talhões tratados com a combinação Velpar K.

Adotando o mesmo procedimento, o gráfico bidimensional resultante da análise discriminante linear foi utilizado como base para analisar a relação do custo médio dos tratamentos químicos com a eficiência de controle das plantas daninhas (Figuras 10 a 14).

Pela Figura 10, observou-se que para custo médio por hectare de tratamento químico variando de US\$24,20 até US\$65,80; o resultado de controle oscilou entre satisfatório e insatisfatório. A proporção foi de aproximadamente 55% / 45%, ou seja, 55% de casos satisfatórios de controle e 45% de casos insatisfatórios (Figura 14). Desta maneira, tratamentos herbicidas de baixo custo, empregados no manejo de plantas daninhas em áreas de cana-de-açúcar pertencentes a este estudo, foram opções eficientes para alguns talhões, porém, resultaram em muitos casos de controle insuficiente.

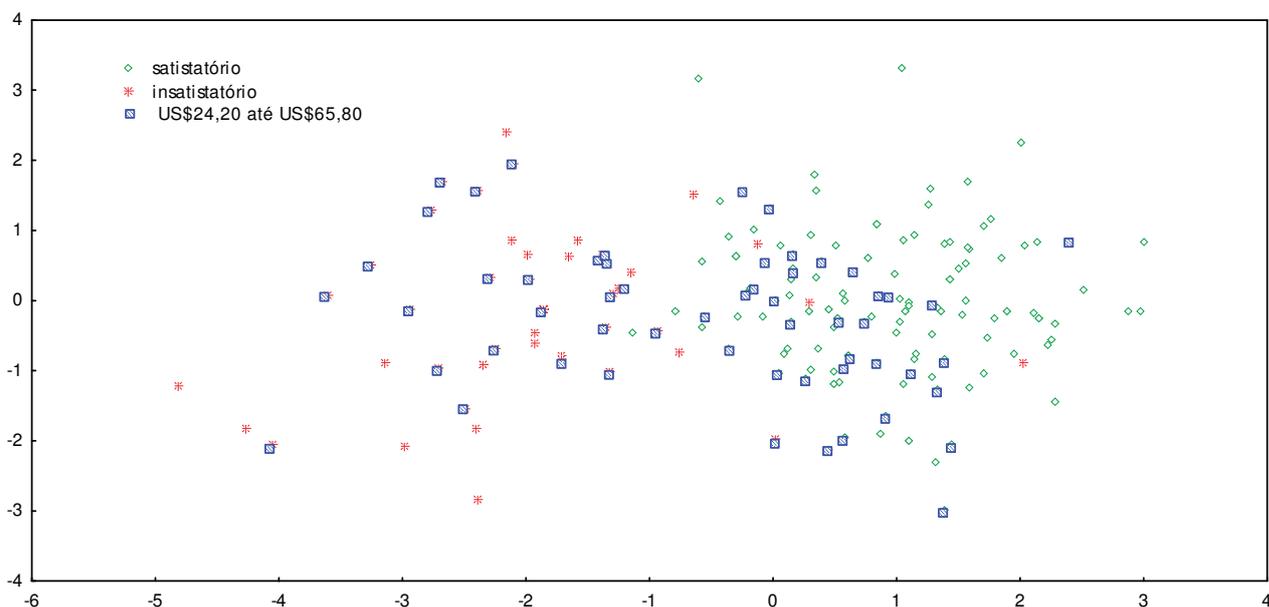


Figura 10. Gráfico bidimensional resultante da análise discriminante linear contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle satisfatório e insatisfatório das plantas daninhas com destaque para talhões onde o custo médio de tratamento foi de US\$24,20 até US\$65,80.

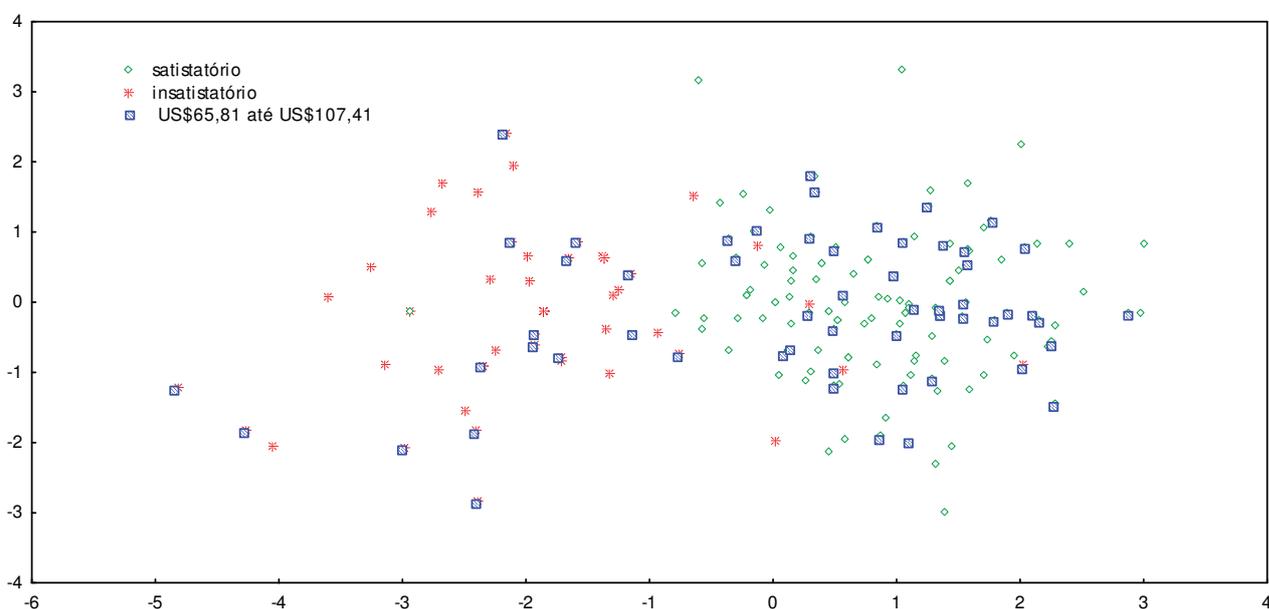


Figura 11. Gráfico bidimensional resultante da análise discriminante linear contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle satisfatório e insatisfatório das plantas daninhas com destaque para talhões onde o custo médio de tratamento foi de US\$65,81 até US\$107,41.

Aumentando o custo médio de tratamento por hectare para a faixa entre US\$65,81 até US\$107,41 (Figura 11), já se observa maior grau de coincidência com talhões com nível de controle satisfatórios. A proporção entre casos satisfatórios e insatisfatórios foi de aproximadamente 74% / 26%.

Elevando ainda mais o custo médio por tratamento para a faixa de US\$107,42 até US\$149,02 (Figura 12 e 14), a coincidência com casos satisfatórios foi praticamente total, indicando que praticamente não há necessidade de repasses com uma segunda aplicação de herbicidas. O mesmo pode ser observado quando a faixa de custo médio por tratamento foi de US\$149,03 até US\$190,62 (Figura 13 e 14).

Por estes resultados, se pode dizer que, para a situação atual da usina o custo médio por hectare dos tratamentos químicos a ser praticado pela mesma está entre US\$65,80 e US\$107,41; pois apresenta uma proporção aproximada de 75% de casos satisfatórios e 25% de casos insatisfatórios. Os 25% de casos insatisfatórios podem ser reduzidos com desenvolvimento técnico e com o aperfeiçoamento no programa de manejo de plantas daninhas da usina. Para as categorias de custo por tratamento mais elevados (categorias 3 e 4), os resultados foram excelentes com quase 100% de sucesso, porém, não deixa margem para redução de custo através do desenvolvimento técnico e do aperfeiçoamento no programa de manejo.

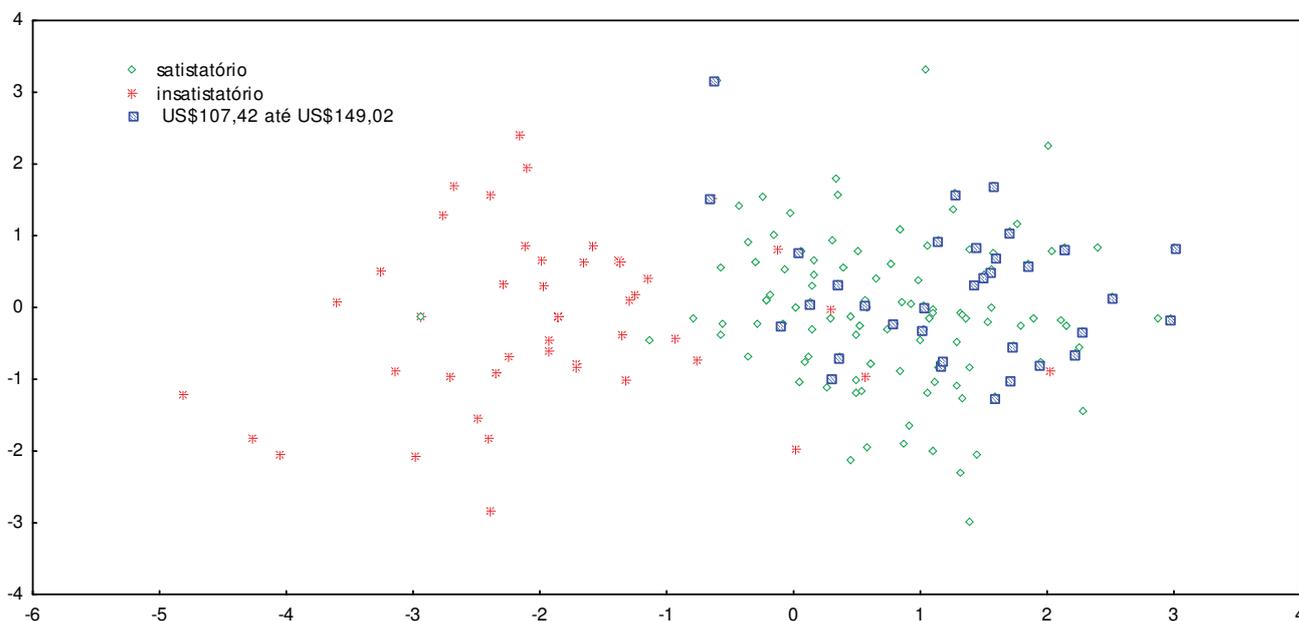


Figura 12. Gráfico bidimensional resultante da análise discriminante linear contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle satisfatório e insatisfatório das plantas daninhas com destaque para talhões onde o custo médio de tratamento foi de US\$107,42 até US\$149,02.

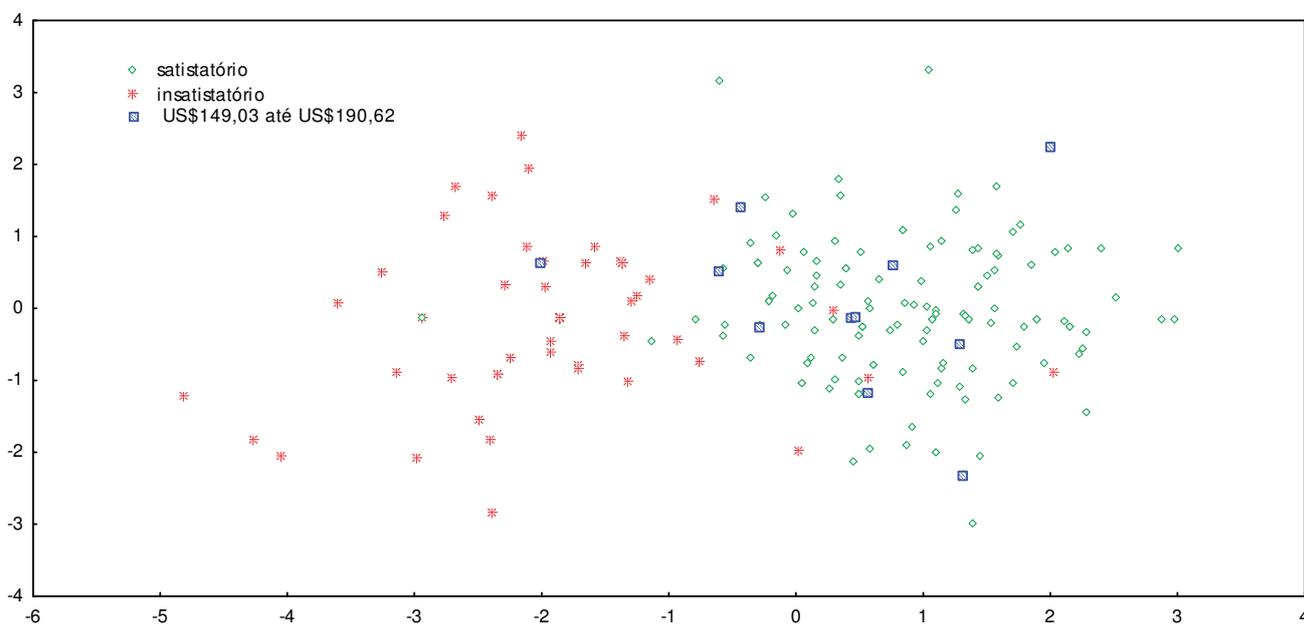


Figura 13. Gráfico bidimensional resultante da análise discriminante linear contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle satisfatório e insatisfatório das plantas daninhas com destaque para talhões onde o custo médio de tratamento foi de US\$149,03 até US\$190,62.

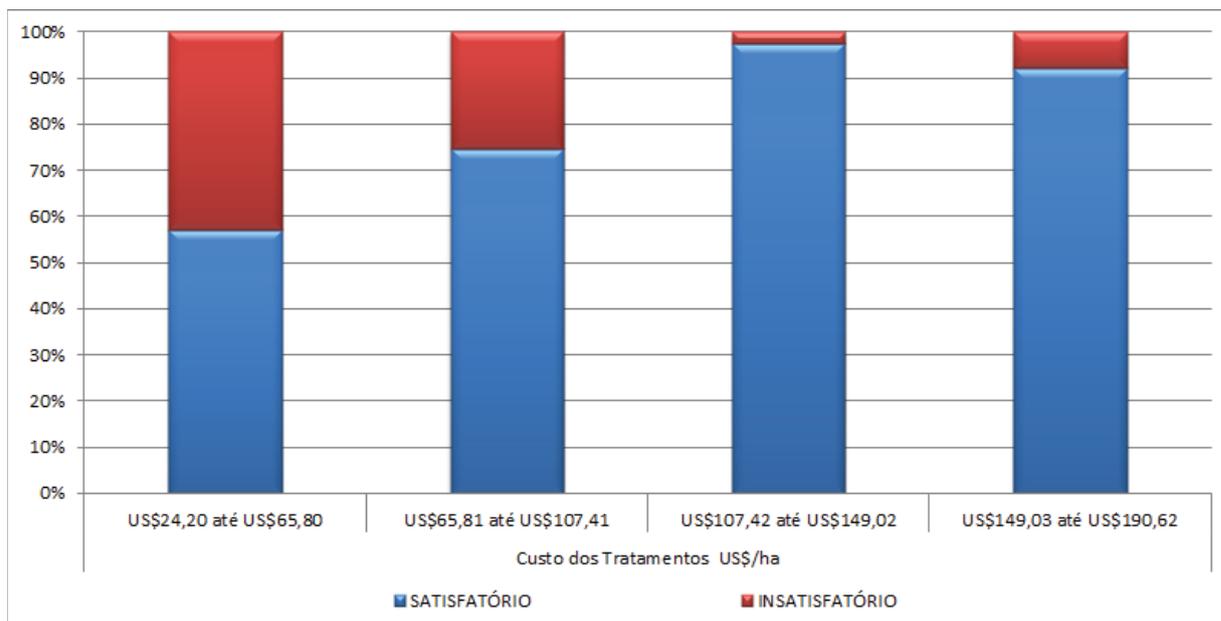


Figura 14. Nível de controle, satisfatório ou insatisfatório, proporcionado por tratamentos de quatro diferentes faixas de custos em US\$/ha.

Conclusões

A análise discriminante linear aplicada no banco de dados contendo informações sobre infestação de plantas daninhas, eficiência de controle e tratamentos químicos utilizados possibilitou a segregação de dois grandes grupos, casos de satisfação e insatisfação. O gráfico bidimensional, resultante da análise discriminante linear, foi uma boa base para analisar resultados obtidos por diferentes tratamentos químicos e por diferentes categorias de custo médio por hectare de tratamentos químicos.

Concluiu-se que, no programa de manejo de plantas daninhas adotado pela usina, alguns tratamentos estão bem posicionados e proporcionaram grande satisfação, porém, alguns tratamentos apresentaram necessidade de ajustes devido a numerosos casos de insatisfação. O custo médio por tratamento a ser praticado pela usina deve estar entre US\$65,80 até US\$107,41; pois proporcionou 75% de casos satisfatórios deixando espaço para melhorias com ajustes técnicos e de posicionamento de tratamentos químicos.

REFERÊNCIAS

AGRIANUAL. **Anuário estatístico da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2010. p. 239-262.

ARÉVALO, R.A. **Matoecologia da cana-de-açúcar**. São Paulo, SP: Ciba-Geigy, 1979. 16p.

ARÉVALO, R. A.; BERTONCINI, E. I. Efeito e manejo de *Cyperus rotundus* (tiririca) na agricultura brasileira In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 20., 1995, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1995. p. 44 – 66.

ASOCIATION LATINOAMERICANA DE MALEZAS. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación em ensayos de control de malezas. ALAM, Bogotá, v. 1, p. 35-38, 1974.

ASSOCIAÇÃO DAS EMPRESAS NACIONAIS DE DEFENSIVOS AGRICOLAS (AENDA). Mistura em tanque. Caderno AENDA nº01/2011, p. 8, jun. 2011.

BLANCO, F. M. G. Controle das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO, 9., 2003, Catanduva. **Anais...** São Paulo: Instituto Biológico, 2003. p. 83-89.

BONILLA, J.A. **Métodos quantitativos para qualidade total na agricultura**. 2.ed. Contagem: Littera Maciel, 1995. 250p.

BRAUN-BLANQUET, J. B. **Fitosociología**: base para el estudio de las comunidades vegetales. Madrid: H. Blume, 1979.

CARDINA, J.; JOHNSON, G.A.; SPARROW, D. H. The nature and consequence of weed spatial distribution. **Weed Science**, v.45, p. 364 – 373, 1997.

CARDINA, J.; SPARROW, D. H. A comparison of methods to predict weed seedling populations from the soil seedbank. **Weed Science**, v.44, n.1, p. 46 – 51, 1996.

CHRISTOFFOLETI, P. J., LÓPEZ-OVEJERO, R. F. **Dinâmica dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar**. São Paulo: Autores, 2005.

COLETI, J.T.; CAVALCANTI, JÚNIOR, N.; NEME, L.H.; DE PAULA, J.; ALBINO, F.E. Brachiaria pode provocar sérios danos nos canaviais. **Informativo Coopercitrus**, n.132, p. 34 – 35, 1997.

CONSTANTIN, J. **Efeitos de diferentes períodos de controle e convivência da Brachiaria decumbens Stpf. com a cana-de-açúcar (Saccharum spp.)**.1993. 98f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1993.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. Emergência de plantas daninhas em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 11-17, 2004.

DEUBER, R. Botânica das plantas daninhas. In: DEUBER, R. **Ciências das plantas daninhas**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. cap. 3, p.31 – 73.

DIAS, A. C. R. et al. Problemática da ocorrência de diferentes espécies de capim colchão (*Digitaria spp.*) na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 25, n. 2, p. 489-499, abr. 2007.

DURIGAN, J. C. Integração de métodos mecânico e químico para o controle de tiririca (*Cyperus rotundus* L.). **Científica**, v. 28, n. 1/2, p. 87-101, 2000.

FAO. FAOSTAT. 2010. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>>. Acesso em: 15 janeiro. 2012.

FERNÁNDEZ-QUINTANILLA, C. et al. Ecologia de lãs malas hierbas. In: GARCIA TORRES, L.; FERNÁNDEZ QUINTANILLA, C. **Fundamentos sobre malas hierbas y herbicidas**. Madrid: Mundi-Prensa, 1991. p. 49-69.

FERRAUDO, A. S. **Técnicas de análise Multivariada**. Jaboticabal, 2009, 78 p. Apostila do Curso de Análise Exploratória de Dados - Estatística Multivariada – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista (UNESP).

FERREIRA, R. V. et al. Organização das comunidades infestantes de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar em agrupamentos-padrão. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 29, n. 2, p. 363-371, maio. 2011.

GERHARDS, R.; OEBEL, H. Practical experiences with a system for site-specific weed control in arable crops using real-time image analysis and GPS-controlled patch spraying. **Weed Research**, v. 46, p. 185-193, 2006.

GRACIANO, P.A.; RAMALHO, J.F.G.P. Efeito da mato competição na cultura da canade- açúcar. **STAB**, v.1, n.5, p. 22 – 24, 1983.

GRACIANO, P. A. **Interferência e manejo de plantas daninhas em áreas de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) intercalada com feijões (*Phaseolus vulgaris* e *Vigna unguiculata* L. Walp.)**. 1989. 184 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1989.

GRAVENA, R. et al. Controle de plantas daninhas através da palha de cana-de-açúcar associada à mistura dos herbicidas trifloxysulfuron sodium + ametrina. **Planta Daninha**, v. 22, n. 3, p. 419-427, set. 2004.

HAIR, J. F. et al. **Análise Multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman Ed., 2005, v. 1, p. 600.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA (IEA). LEI ESTADUAL Nº 11.241, DE 19 DE SETEMBRO DE 2002. **Lex:** Dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá providências *correlatas*. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/index.php>>. Acesso em: 23 ago. 2011.

KARAR, R. O.; MOHAMED, B. F.; MARRS, R. H. Factors influencing the weed flora in the Gezira Scheme, Sudan. **Weed Research**, [s/loc.], v. 45, p. 121–129, 2005.

KUVA, M.A. **Efeitos de períodos de convivência e controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) no estado de São Paulo**. 1999. 74f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

KUVA, M. A. **Banco de sementes, fluxo de emergência e fitossociologia de comunidade de plantas daninhas em agroecossistema de cana crua**. 2006. 105 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

KUVA M. A. et al. Organização das comunidades infestantes de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar em agrupamentos padrões. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** p. 2190-2194. 2010.

KUVA, M. A. et al. Fitossociologia de comunidades de plantas daninhas em agroecossistema cana-crua. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 25, n. 3, p. 501-511, 2007.

KUVA, M. A. et al. Padrões de infestação de comunidades de plantas daninhas no agroecossistema de cana-crua. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 3, n. 26, p. 549-557, 2008.

KUVA, M. A. et al. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. I – Tiririca. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 18, n. 2, p. 241–251, ago. 2000.

KUVA, M. A. et al. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. II – Capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 19, n. 3, p. 323-330, dez. 2001.

KUVA, M.A. et al. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar: III - capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) e capim-colonião (*Panicum maximum*). **Planta daninha**, Viçosa-MG, v. 21, n. 1, abr., 2003 .

LAMOREAUX, R. J.; JAIN, R.; HESS, F. D. Efficacy of dimethenamid, metolachlor and encapsulated alachlor in soil covered with crop residue. **Brighton Crop Protec. Conference – Weeds**, v. 3, p. 1015-1020, 1993.

LEGERE, A.; STEVENSON, F. C.; BENOIT D. L. Diversity and assembly of weed communities: contrasting responses across cropping systems. **Weed Research** 45, [s/loc.] p. 303–315, jul./ago. 2005.

LEGUIZAMÓN, E. El monitoreo de malezas en el campo. **Revista Agromensajes de la Facultad**, n. 17, p. 1-5, 2005.

LEGUIZAMÓN, E. S. et al. Las comunidades de malezas de soja en la región pampeana argentina: monitoreo de cambios bajo el sistema de siembra directa. In: CONGRESO MERCOSOJA. Rosario. Santa Fe. **Anais...** Santa Fe. p. 137-141, 2006.

LORENZI, H. Efeito da planta da cana no controle de plantas daninhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 19., 1993, Londrina. **Resumos...** Londrina: 1993. p. 28-29.

LORENZI, H. Plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar: Plantas daninhas na lavoura do nordeste brasileiro. In: ENCONTRO TÉCNICO GOAL, CANA-DE-AÇÚCAR, 4., 1995, Recife. **Anais...** Recife: 1995.

MARTINS, D. et al. Emergência em campo de dicotiledôneas infestantes em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 17, n. 1, p. 151-161, 1999.

MEIRELLES, G. L. S. et al. Determinação dos períodos de convivência da cana-soca com planta daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 27, n. 1, p. 67-73, fev. 2009.

NKURUNZIZA, L.; MILBERG, P. Repeated grading of weed abundance and multivariate methods to improve the efficacy of on-farm weed control trials. **Weed Biology and Management**, Fukui, Japão, v. 7, n. 2, p. 132-139, maio/jun. 2007.

NOVO, M. C. S. S. et al. Efeito da palha de cana-de-açúcar e do tamanho dos tubérculos na biomassa das estruturas subterrâneas de *Cyperus rotundus*. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 23, n. 3, p. 437- 448, jul./set. 2005.

PEREIRA, F. C. M. et al. Estudo de seleção de flora de plantas daninhas por herbicidas utilizando técnicas de análise multivariada – Índice de valor de importância. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., 2010, Ribeirão Preto-SP, **Anais...** Ribeirão Preto-SP, 2010. p. 154-158.

PITELLI, R. A. Estudos fitossociológicos em comunidades infestantes de agroecossistemas. **Jornal Conserb**, v.1, n. 2, p. 1 – 7, 2000.

PITELLI, R. A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, v.11, n.129, p.16- 27, 1985.

PITELLI, R. A.; KUVA, M. A. Dinâmica de populações de plantas daninhas e manejo da resistência aos herbicidas e seleção de flora. In: **CURSO DE RECOMENDAÇÕES BÁSICAS DE MANEJO DE PLANTAS DANINHAS E RESISTÊNCIA AOS HERBICIDAS**, 1998, Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998. p. 1-46.

PLANALSUCAR – INSTITUTO DO AÇÚCAR E ALCOOL. Coordenadoria Regional Sul. Manejo de plantas daninhas. In: **Cultura da cana-de-açúcar: manual de orientação**. Piracicaba, 1986. p.33-35.

PRIMOT, S.; VALANTIN-MORISON, M.; MAKOWSKI, D. Predicting the risk of weed infestation in winter oilseed rape crops. **Weed Research**, v. 46, p. 22-33, fev. 2006.

PROCÓPIO, S. O. et al. **Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar**. Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa, 2003.

REW, L. J.; LAMB, D. W.; WEEDON, M. M.; LUCAS, J. L.; MEDD, R. W.; LEMERLE, D. **Evaluating airborne multispectral imagery for detecting wild oats in seedling triticale crop**. Proceedings of the 2nd European Conference on Precision Agriculture, Odense, 1999. p. 265-274.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 5.ed. Londrina: Grafmake, 2011. 697 p.

ROLIM, J.C.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Período crítico de competição de plantas daninhas com cana planta de ano. **Saccharum APC**, v.5, n.22, p. 21 – 26, 1982.

ROLIM, J. C.; PASTRE, W. Eficiência agronômica de s – metolachlor na cultura da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Foz do Iguaçu, 2000. p. 310.

ROSSI, C.V.S. **Controle de plantas daninhas pelos herbicidas metribuzin e isoxaflutole em soqueiras de cana-de-açúcar, na ausência e presença de palha**. 2007. 145 f. Tese (Doutorado em Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

SANTANA, A. L. **Cana-de-açúcar**. 2010. Disponível em: <http://www.infoescola.com/plantas/cana-de-acucar>. Acesso em: 26 ago. 2011.

SARTORI, L. R.; GALO, M. L. B. T.; IMAI, N. N. Mapeamento de plantas daninhas em cultura de café a partir de imagens multiespectrais de escalas grandes usando redes neurais artificiais. **RBC - Revista Brasileira de Cartografia**, v. 61, n. 2, p. 165-175, 2009.

SCHAFFRATH, V. R. et al. Variabilidade espacial de plantas daninhas em dois sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 11, n. 1, p. 53-60, jan./fev. 2007.

SHIRATSUCHI, L. S. **Mapeamento da variabilidade espacial das plantas daninhas com a utilização das ferramentas da agricultura de precisão**. 2001. 96 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Piracicaba: ESALQ/USP, 2001.

SHIRATSUCHI, L. S.; FONTE, J. R. A.; RESENDE, A. V. Correlação da distribuição espacial do banco de sementes de plantas daninhas com a fertilidade dos solos. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 23, n. 3, p. 429-436, set. 2005.

SILVA, I. A. B. et al. Interferência de uma comunidade de plantas daninhas com predominância de *Ipomoea hederifolia* na cana-soca. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 27, n. 2, p. 265-272, maio. 2009.

ÚNICA – **União da Indústria de Cana de Açúcar**. Disponível em <<http://www.unica.com.br/dadosCotacao/estatistica/>>. Acesso em: 14 mar. 2011.

VASCONCELOS, A. C. M. **Desenvolvimento do sistema radicular da parte aérea de socas de cana-de-açúcar sob dois sistemas de colheita**: crua mecanizada e queimada manual. 2002. 140 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - FCAV, UNESP, Jaboticabal, 2002.

VELINI, E. D. et al. Efeito da palha da cana-de-açúcar sobre a germinação das principais espécies de plantas daninhas gramíneas desta cultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Foz do Iguaçu: SBCPD, 2000. p. 15.

VELINI, E. D.; NEGRISOLI, E. Controle de plantas daninhas em cana crua. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: SBCPD, 2000. p.148-164.

VICTÓRIA FILHO, R.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Manejo de plantas daninhas e produtividade da cana. **Visão Agrícola**, Piracicaba, n. 1, p. 32-37, 2004.

APÊNDICES

APÊNDICES A - DENDROGRAMAS RESULTANTES DA ANÁLISE DE AGRUPAMENTO

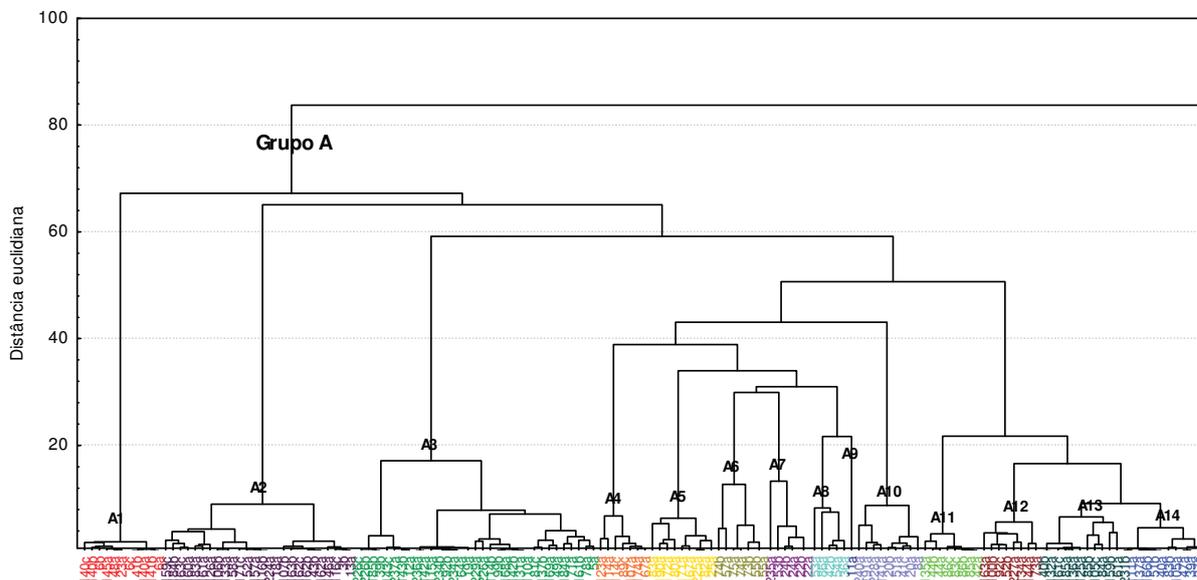


Figura 1A. Detalhamento do Grupo A do dendrograma resultante da análise de agrupamento realizado com as porcentagens de cobertura das diferentes espécies ou conjunto de espécies de planta daninha em talhões de cana de açúcar.

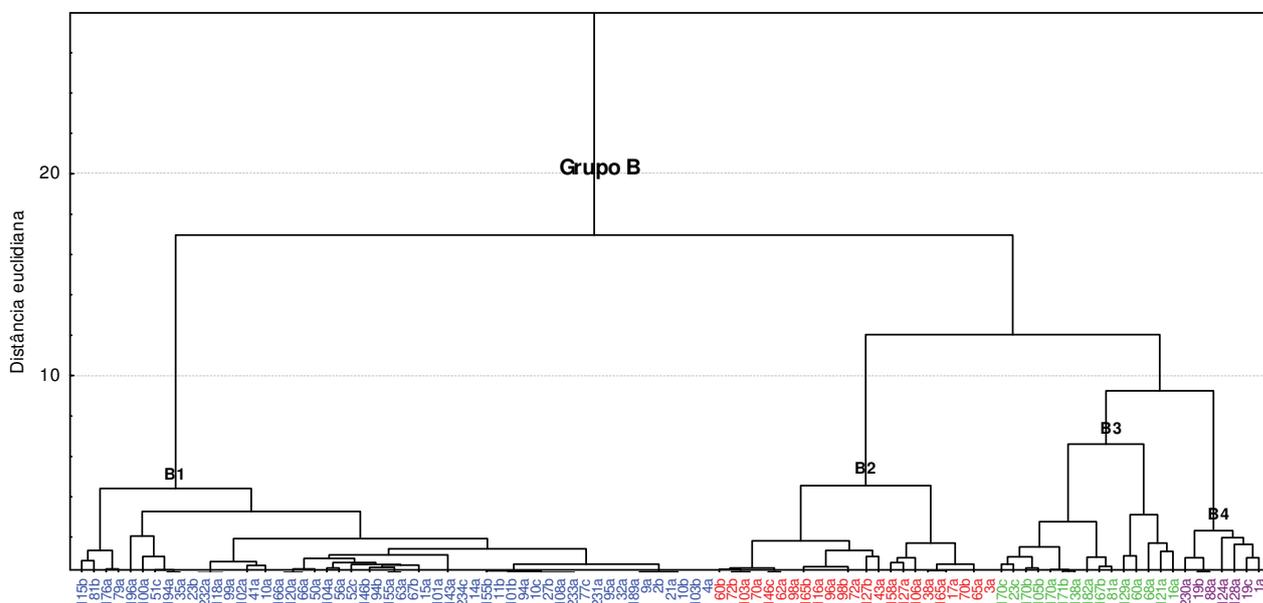


Figura 2A. Detalhamento do Grupo B do dendrograma resultante da análise de agrupamento realizado com as porcentagens de cobertura das diferentes espécies ou conjunto de espécies de planta daninha em talhões de cana de açúcar.

APÊNDICES B - GRÁFICOS BIDIMENSIONAIS GERADOS POR ANÁLISE DISCRIMINANTE

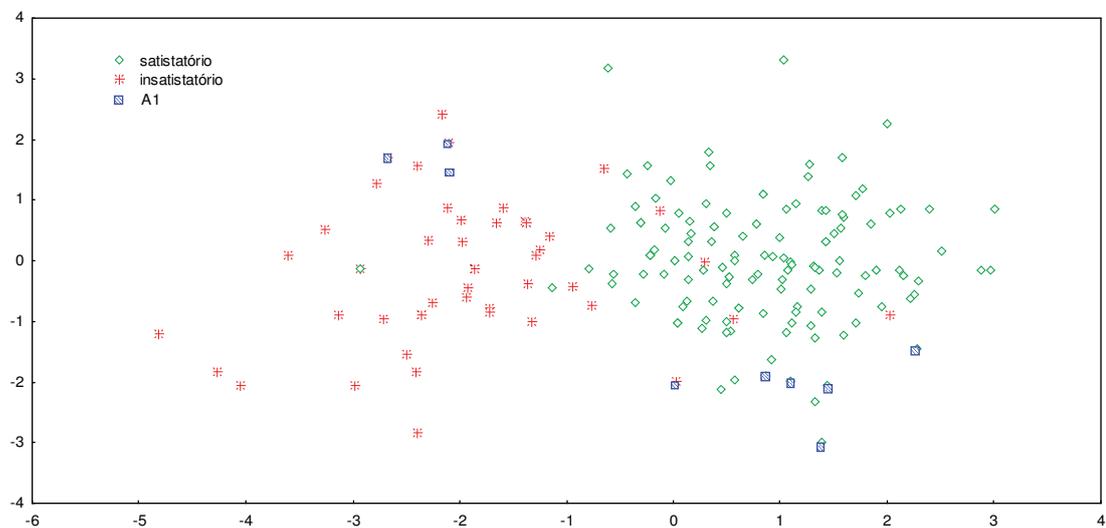


Figura 1B. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle SATISFATÓRIO e INSATISFATÓRIO para infestação geral de plantas daninhas e na cor azul os talhões contidos no subgrupo A1.

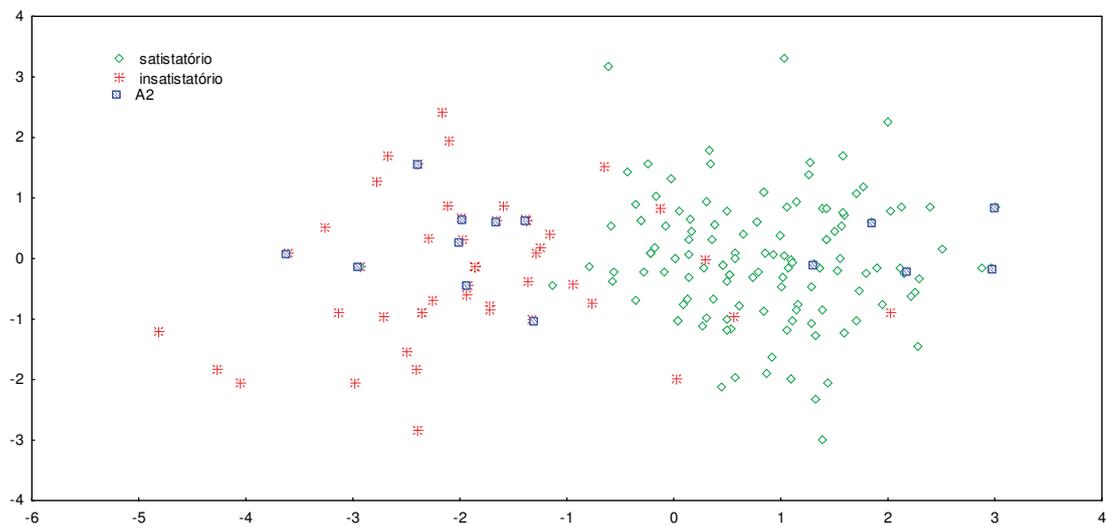


Figura 2B. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle SATISFATÓRIO e INSATISFATÓRIO para infestação geral de plantas daninhas e na cor azul os talhões contidos no subgrupo A2.

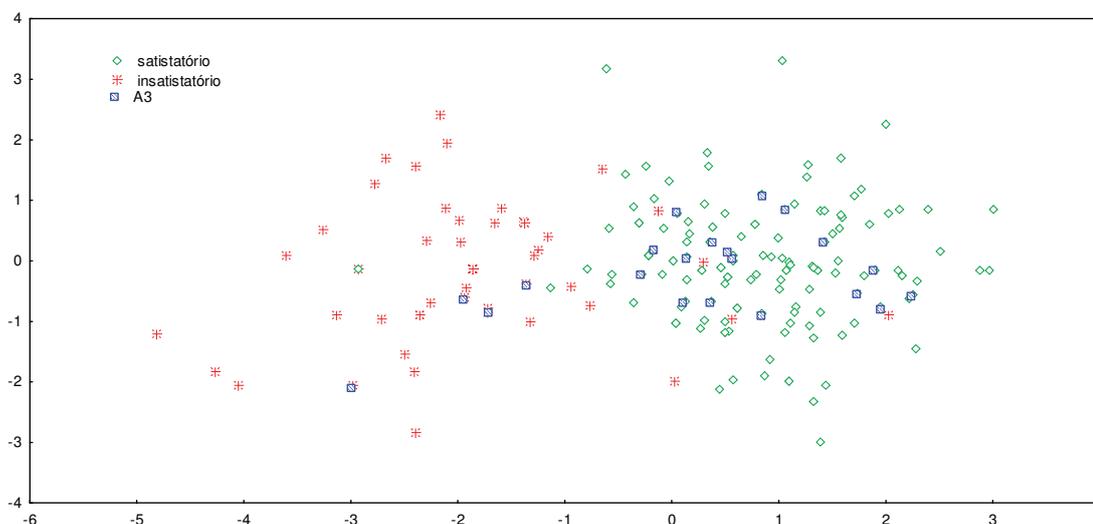


Figura 3B. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle SATISFATÓRIO e INSATISFATÓRIO para infestação geral de plantas daninhas e na cor azul os talhões contidos no subgrupo A3.

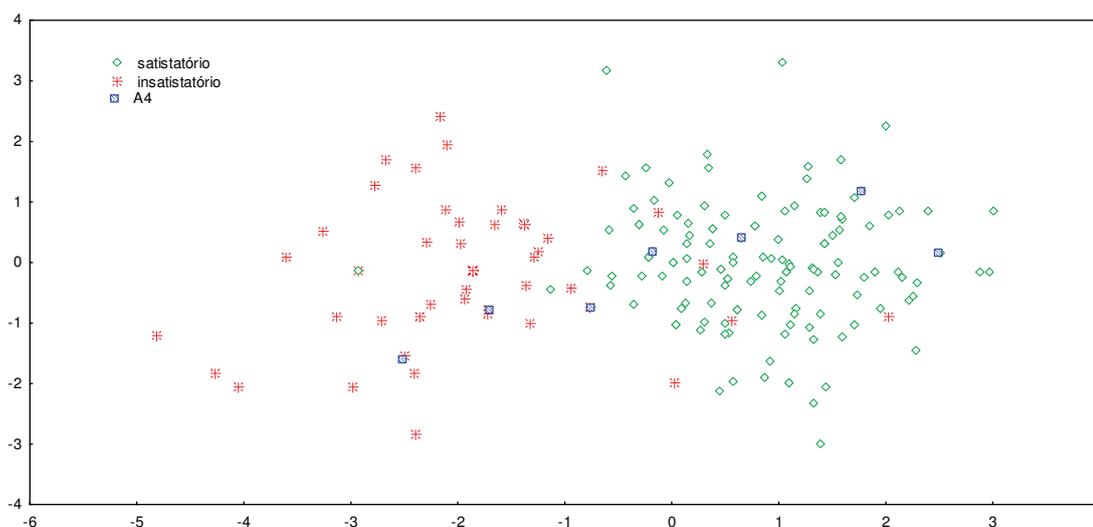


Figura 4B. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle SATISFATÓRIO e INSATISFATÓRIO para infestação geral de plantas daninhas e na cor azul os talhões contidos no subgrupo A4.

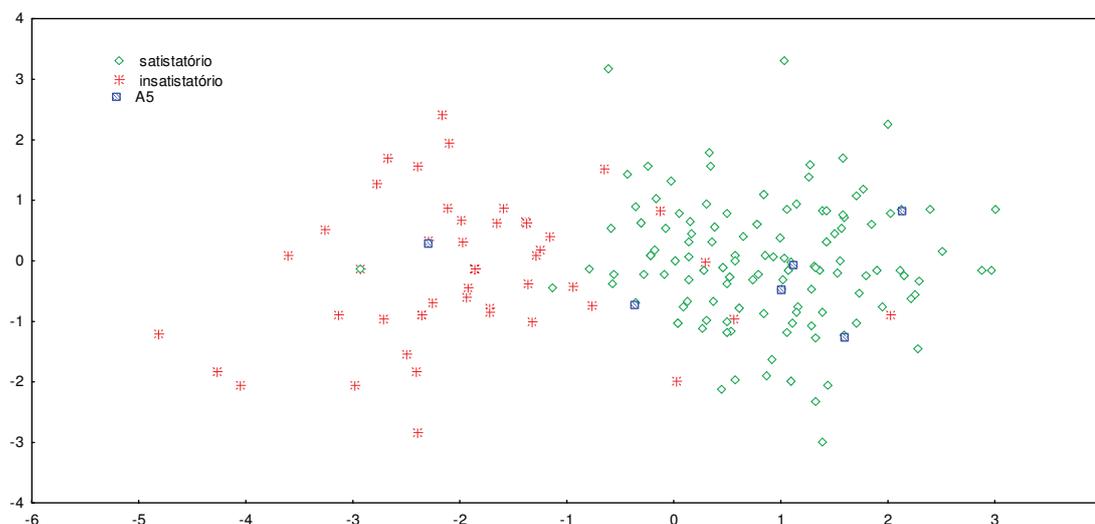


Figura 5B. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle SATISFATÓRIO e INSATISFATÓRIO para infestação geral de plantas daninhas e na cor azul os talhões contidos no subgrupo A5.

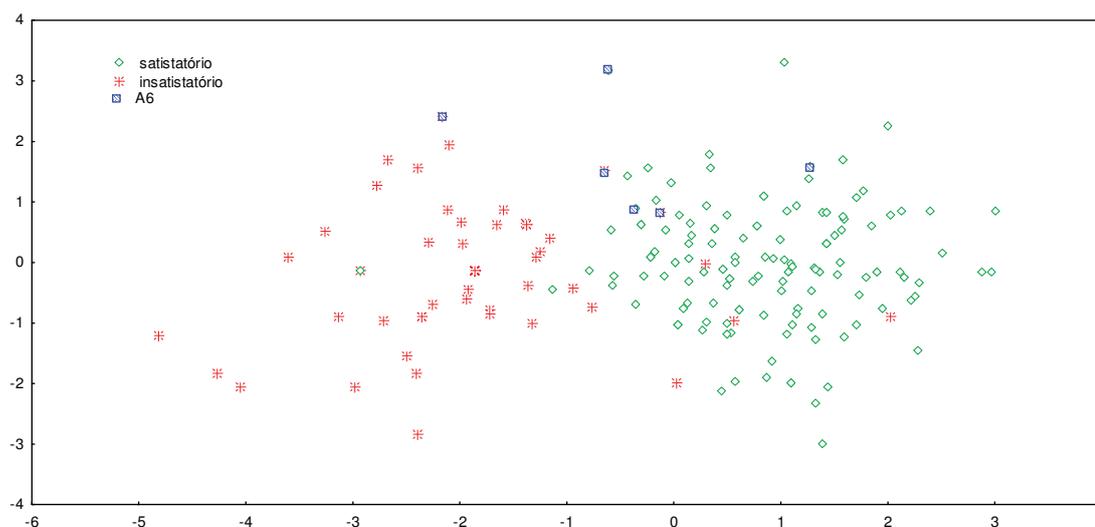


Figura 6B. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle SATISFATÓRIO e INSATISFATÓRIO para infestação geral de plantas daninhas e na cor azul os talhões contidos no subgrupo A6.

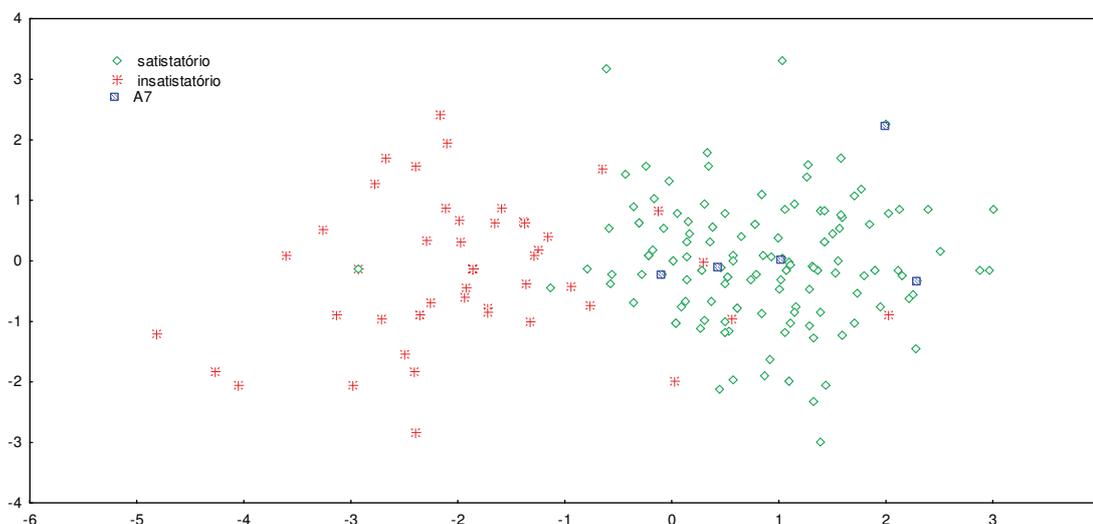


Figura 7B. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle SATISFATÓRIO e INSATISFATÓRIO para infestação geral de plantas daninhas e na cor azul os talhões contidos no subgrupo A7.

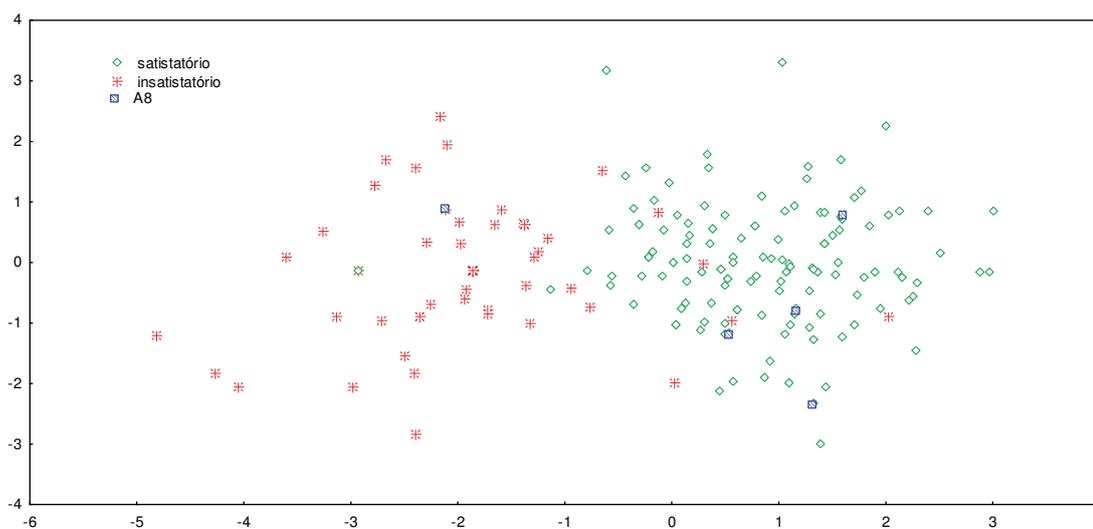


Figura 8B. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle SATISFATÓRIO e INSATISFATÓRIO para infestação geral de plantas daninhas e na cor azul os talhões contidos no subgrupo A8.

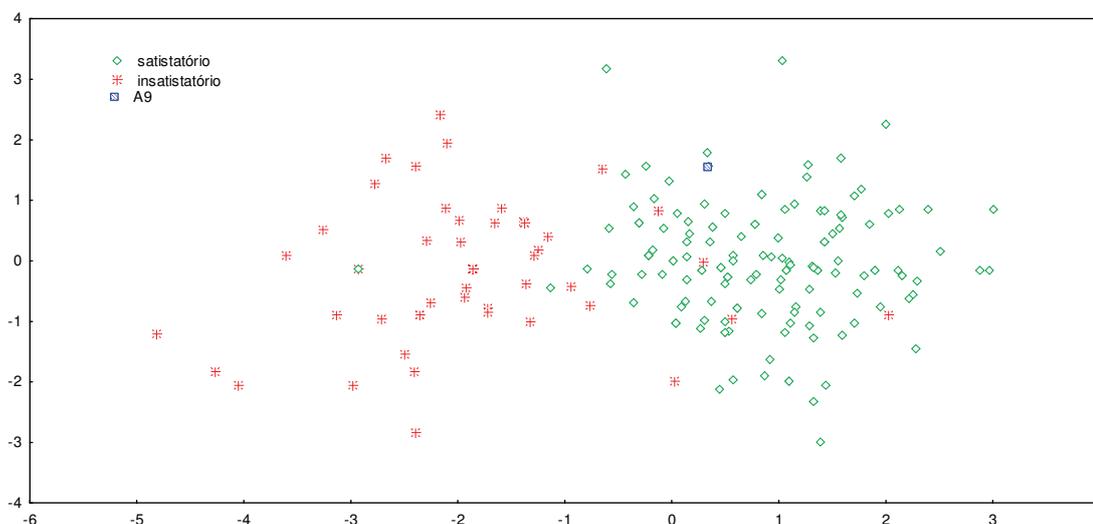


Figura 9B. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle SATISFATORIO e INSATISFATORIO para infestação geral de plantas daninhas e na cor azul os talhões contidos no subgrupo A9.

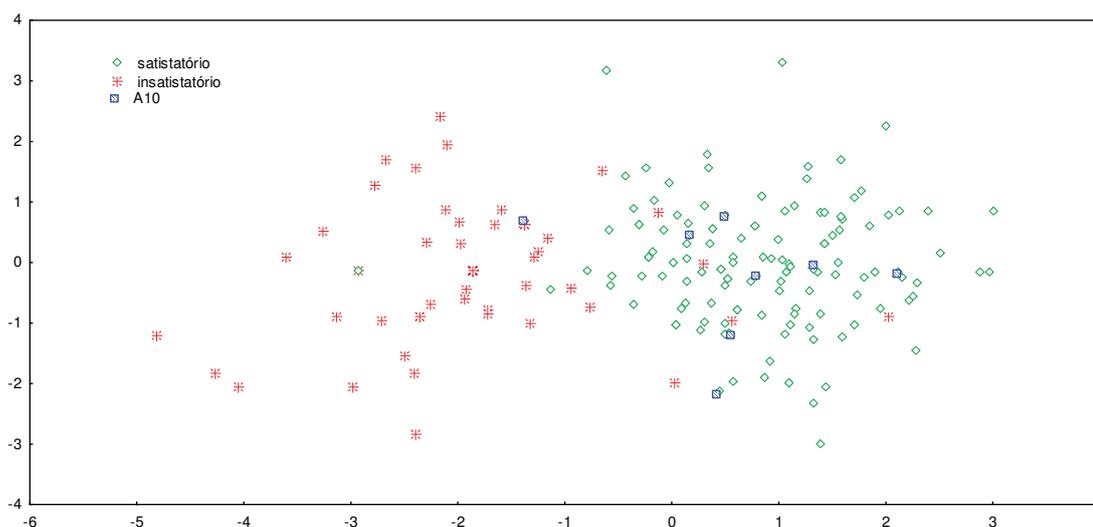


Figura 10B. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle SATISFATORIO e INSATISFATORIO para infestação geral de plantas daninhas e na cor azul os talhões contidos no subgrupo A10.

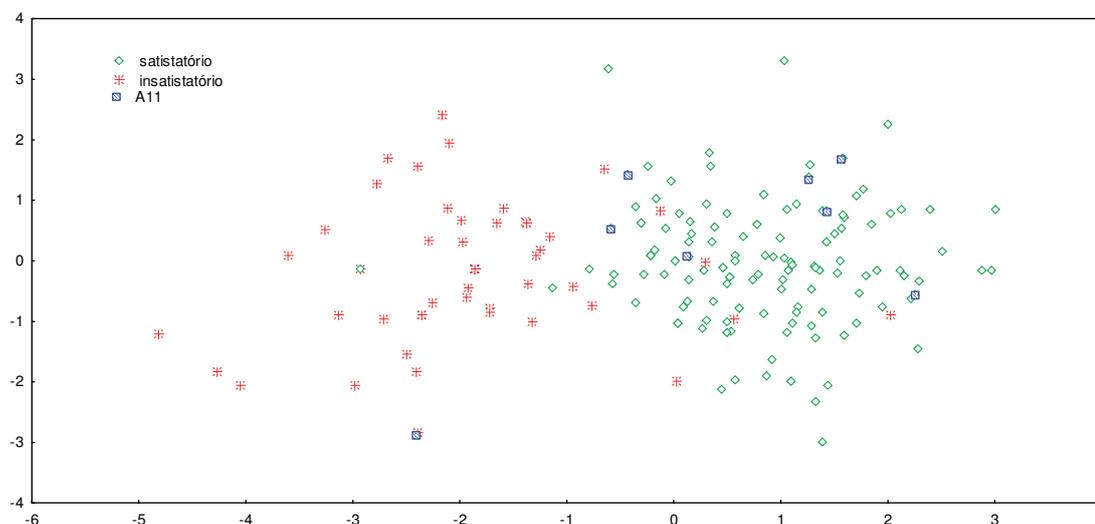


Figura 11B. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle SATISFATÓRIO e INSATISFATÓRIO para infestação geral de plantas daninhas e na cor azul os talhões contidos no subgrupo A11.

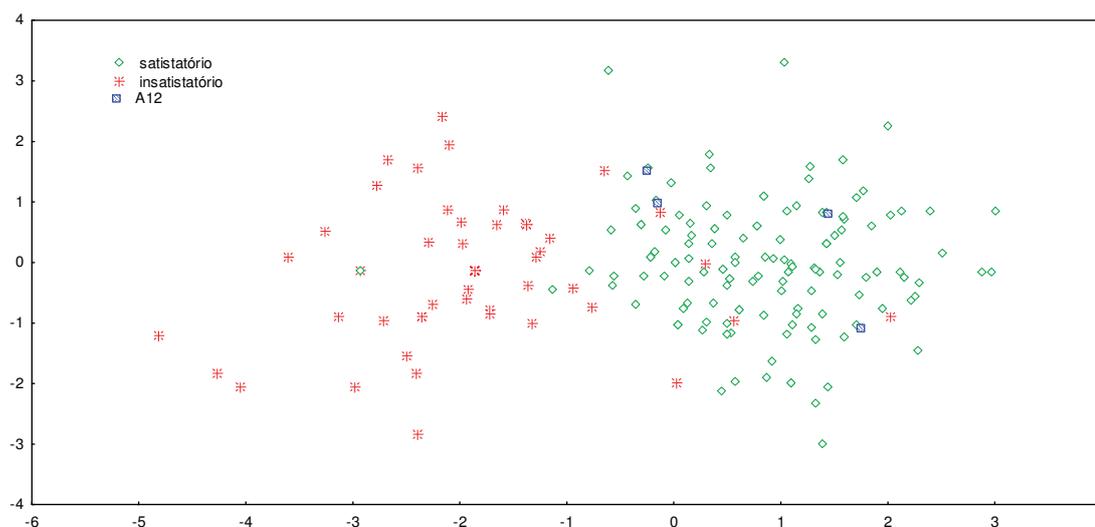


Figura 12B. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle SATISFATÓRIO e INSATISFATÓRIO para infestação geral de plantas daninhas e na cor azul os talhões contidos no subgrupo A12.

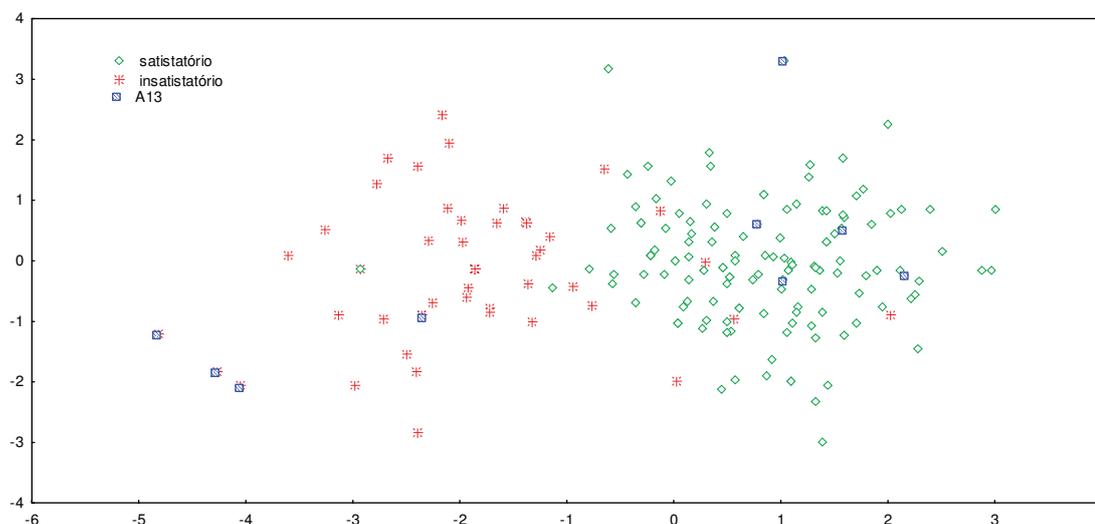


Figura 13B. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle SATISFATÓRIO e INSATISFATÓRIO para infestação geral de plantas daninhas e na cor azul os talhões contidos no subgrupo A13.

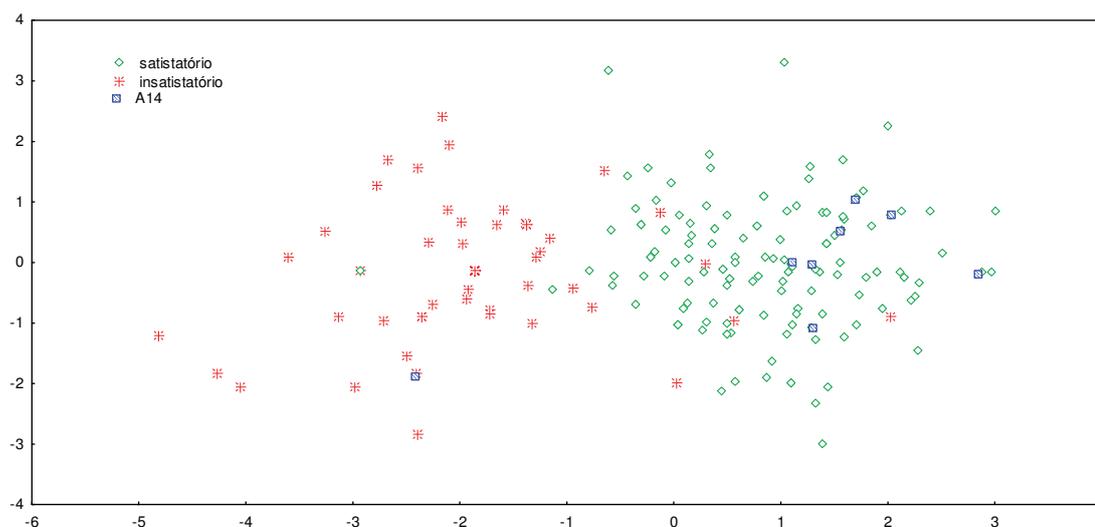


Figura 14B. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle SATISFATÓRIO e INSATISFATÓRIO para infestação geral de plantas daninhas e na cor azul os talhões contidos no subgrupo A14.

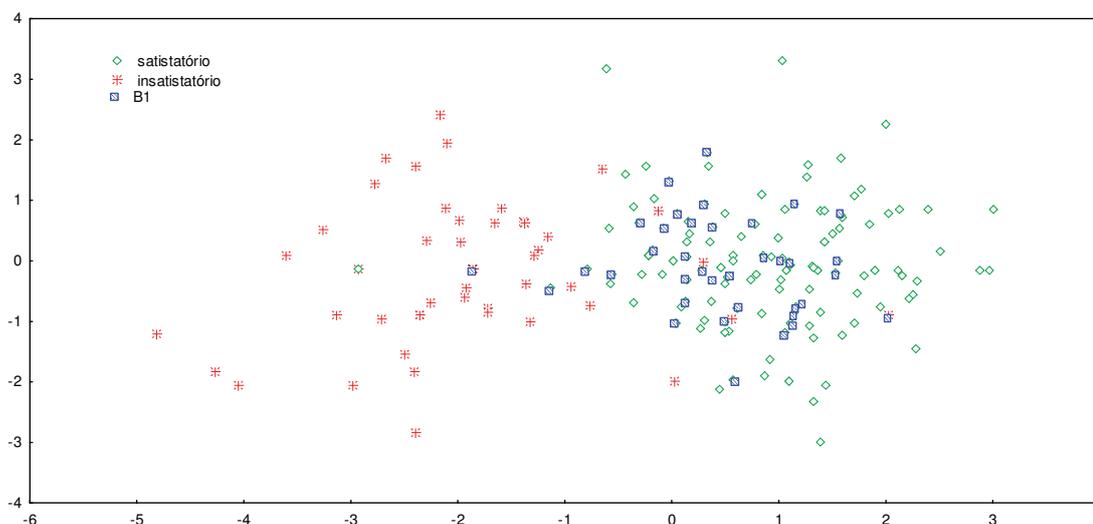


Figura 15B. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle SATISFATÓRIO e INSATISFATÓRIO para infestação geral de plantas daninhas e na cor azul os talhões contidos no subgrupo B1.

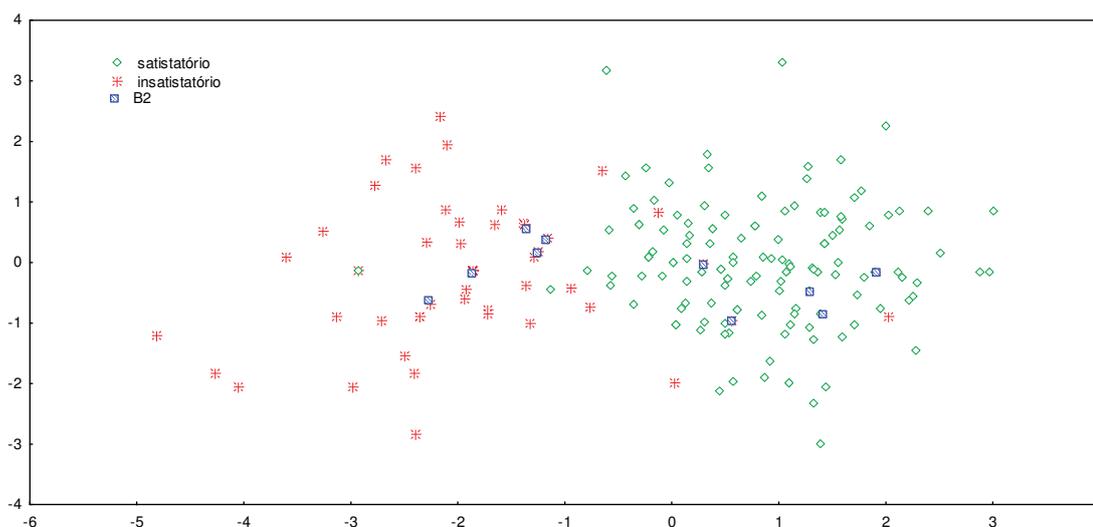


Figura 16B. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle SATISFATÓRIO e INSATISFATÓRIO para infestação geral de plantas daninhas e na cor azul os talhões contidos no subgrupo B2.

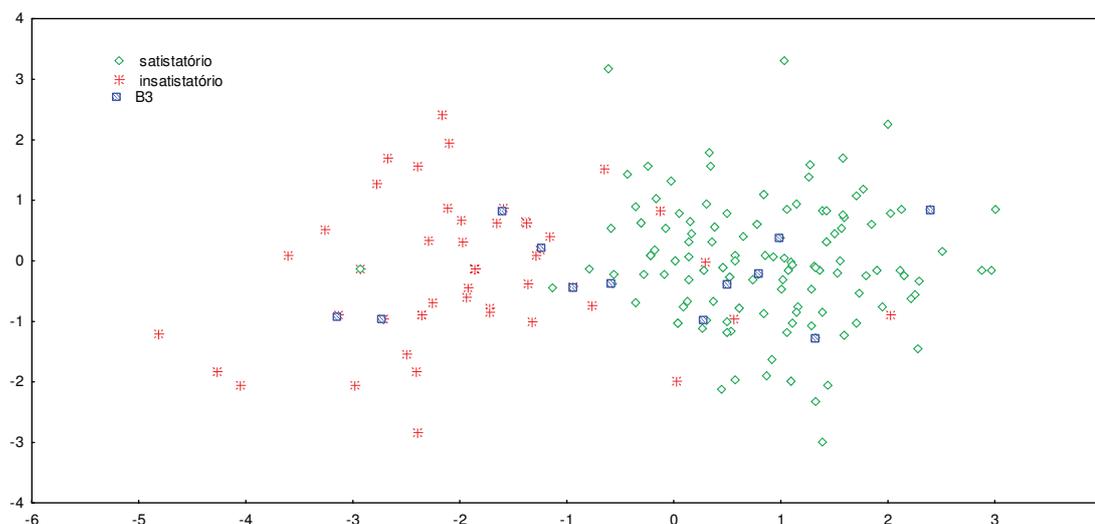


Figura 17B. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle SATISFATÓRIO e INSATISFATÓRIO para infestação geral de plantas daninhas e na cor azul os talhões contidos no subgrupo B3.

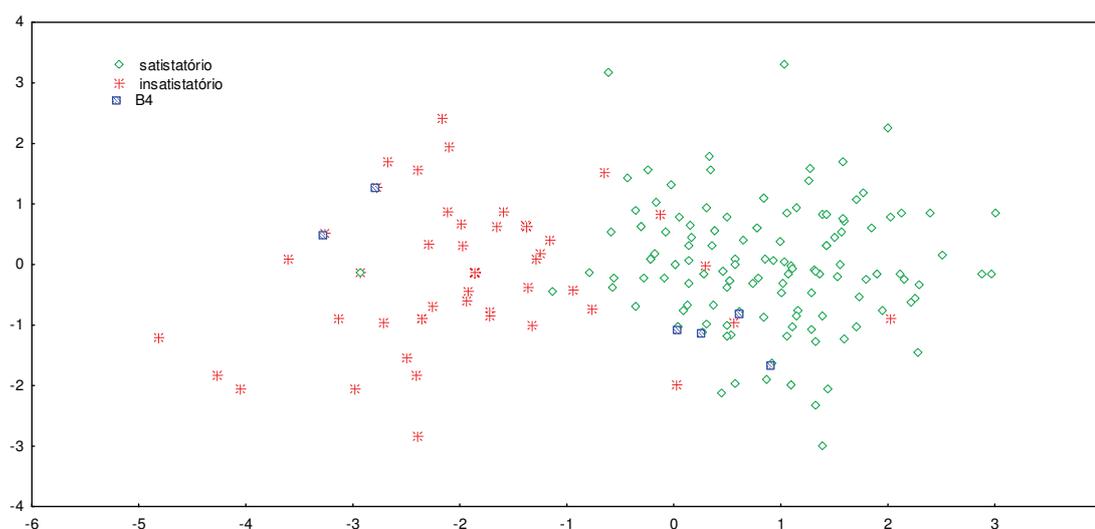


Figura 18B. Gráfico bidimensional gerado por análise discriminante contendo os talhões de cana-de-açúcar com níveis de controle SATISFATÓRIO e INSATISFATÓRIO para infestação geral de plantas daninhas e na cor azul os talhões contidos no subgrupo B4.

