

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DESENVOLVIMENTO E OBTENÇÃO DE INDICADORES
PARA O PROCESSO DE CONTROLE DE PLANTAS
DANINHAS EM CANAVIAIS**

**Clara Degli Esposti
Engenheira Agrônoma**

2019

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DESENVOLVIMENTO E OBTENÇÃO DE INDICADORES
PARA O PROCESSO DE CONTROLE DE PLANTAS
DANINHAS EM CANAVIAIS**

Discente: Clara Degli Esposti

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

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

2019

E77d	<p>Esposti, Clara Degli</p> <p>Desenvolvimento e obtenção de indicadores para o processo de controle de plantas daninhas em canaviais / Clara Degli Esposti. -- Jaboticabal, 2019</p> <p>42 p. : il., tabs., fotos</p> <p>Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal</p> <p>Orientador: Pedro Luis da Costa Aguiar Alves</p> <p>Coorientador: Marcos Antônio Kuva</p> <p>1. Cana-de-açúcar. 2. Erva daninha. 3. Plantas Competição. 4. Ecologia vegetal. 5. Pesquisa canavieira. I. Título.</p>
------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

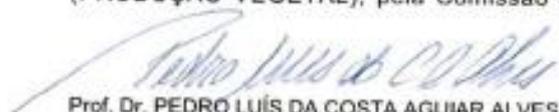
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

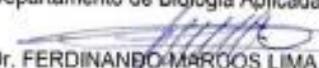
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: DESENVOLVIMENTO E OBTENÇÃO DE INDICADORES PARA O PROCESSO DE CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS EM CANAVIAIS

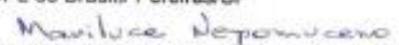
AUTORA: CLARA DEGLI ESPOSTI

ORIENTADOR: PEDRO LUÍS DA COSTA AGUIAR ALVES

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. PEDRO LUÍS DA COSTA AGUIAR ALVES
Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Dr. FERDINANDO MARCOS LIMA SILVA
UPL do Brasil / Pereiras/SP


Dra. MARILUCE PASCOINA NEPOMUCENO
Agrônoma Autônoma / Jaboticabal/SP

Jaboticabal, 06 de dezembro de 2019

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Clara Degli Esposti – Filha de Rute Helena Peixoto Simões e Roberto Tadeu Degli Esposti, nasceu na cidade de Piracicaba, São Paulo, no dia 27 de outubro de 1994. Em 2012 iniciou o curso de graduação de Engenharia Agrônoma na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, Câmpus de Jaboticabal, com conclusão em 2017. Durante a graduação, foi membro do grupo de pesquisa PET AGRO (Programa de Educação Tutorial) e GIEU (Grupo Integração Empresa Universidade), promovendo eventos e participando de atividades científicas. cursou um semestre letivo na Universidad de Rosario, em Rosario, Argentina. Fez parte do grupo Genplant (Grupo de Estudos em Nutrição de Plantas), apresentando o trabalho de conclusão de curso intitulado “Fertirrigação com glicerina e ureia no teor de nitrogênio no solo, na nutrição e na produção de matéria seca de plantas de milho em dois solos”. Realizou o estágio curricular na empresa Herbae - Consultoria e Projetos Agrícolas. Em 2017, ingressou no mestrado em Agronomia (Produção Vegetal), na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, campus de Jaboticabal, sendo inicialmente bolsista Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e posteriormente bolsista Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), onde desenvolveu esse trabalho em parceria com a empresa Herbae – Consultoria e Projetos Agrícolas e LAPDA (Laboratório de Plantas Daninhas) – Unesp Jaboticabal.

EPÍGRAFE

“Os que desprezam os pequenos acontecimentos nunca farão grandes descobertas. Pequenos momentos mudam grandes rotas.”

Augusto Cury

“Muda-se o ser, muda-se a confiança;
Todo o mundo é composto de mudança,
Tomando sempre novas qualidades.
Continuamente vemos novidades,
Diferentes em tudo da esperança;
Do mal ficam as mágoas na lembrança,
E do bem, se algum houve, as saudades.”

Luis de Camões

“Eu sou aquela mulher a quem o tempo muito ensinou. Ensinou a amar a vida e não desistir da luta, recomeçar na derrota, renunciar a palavras e pensamentos negativos. Acreditar nos valores humanos e ser otimista.”

Cora Coralina

DEDICO

Aos meus pais,

Rute Helena Peixoto Simões e

Roberto Tadeu Degli Esposti

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e Nossa Senhora por minha vida e saúde.

Aos meus pais, Rute Helena Peixoto Simões e Roberto Tadeu Degli Esposti por todo apoio, amor e compreensão. E a toda minha família pelo apoio e carinho.

Agradeço ao meu orientador Pedro Luis da Costa Aguiar Alves e a meu co-orientador Marcos Kuva, pelos ensinamentos, dedicação, orientação e amizade.

Aos meus amigos da graduação Anderson Prates, Vinícius Filla, Matheus Flavio, Caroline Maia, Tamara Ribeiro, entre outros, que me apoiaram e incentivaram. E ao meu amigo Pedro Lima (*in memoriam*), que guardo sempre comigo.

A empresa Herbae - Consultoria e Projetos Agrícolas, ao Dr. Tiago Salgado, Dr. Marcos Kuva e a todos meus amigos, pela grande parceria de trabalho e amizade.

Ao grupo LAPDA e amigos: Juliana Souza, Andreísa Flores, Thiago Souza, Neriane Hijano, Renata Santos, Willians Carrega, Isa Marcela, Izabela Orzari, Lorena Peres, Mariluce Nepomuceno, entre outros, pela amizade, companheirismo e auxílio em todos os trabalhos realizados.

A banca de defesa, Prof. Dr. Pedro Luis da Costa Aguiar Alves, Dr. Ferdinando Marcos Lima Silva e Prof. Dra Mariluce Nepomuceno, por aceitarem o convite para participar da banca de defesa da dissertação, por todas correções e considerações realizadas.

A República Casa das Prima, moradoras e ex moradoras, por sempre me acolherem tão bem e serem tão amigas.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) - Processo nº 2017/24553-0, pela concessão da bolsa de mestrado no programa de pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal).

Por fim, agradeço à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp e à todos que me ajudaram na formação acadêmica e pessoal.

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Dr Marcos Antônio Kuva,

Realmente tenho muito a agradecer, a Deus e a muitas pessoas, que estiveram comigo nesta caminhada, auxiliando, amparando e me dando força para concluir mais essa etapa em minha vida.

Dentre essas muitas pessoas, quero aqui agradecer especialmente ao Dr Marcos Antônio Kuva, que com seu conhecimento científico aprofundado me ajudou imensamente nesta pesquisa. Sem sua ajuda, paciência, orientação e amizade, eu não teria tido este resultado. Muito Obrigada!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	ii
ABSTRACT.....	iii
LISTA DE FIGURAS.....	iv
LISTA DE QUADROS.....	v
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 A cultura da cana-de-açúcar	3
2.2 Interferências das plantas daninhas na cana-de-açúcar	4
2.3 Controle químico	5
2.4 Desenvolvimento de indicadores	5
3 MATERIAL E MÉTODOS	8
3.1 Planejamento Amostral	8
3.2 Vistoria de campo e atribuição de notas	9
3.3 Calculo dos indicadores	10
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
5 CONCLUSÃO	25
REFERÊNCIAS.....	27

DESENVOLVIMENTO E OBTENÇÃO DE INDICADORES PARA O PROCESSO DE CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS EM CANAVIAIS

RESUMO – Para limitar a convivência entre plantas daninhas e cana-de-açúcar, recorre-se a aplicação de métodos de controle, em especial os herbicidas. No entanto, deve haver um ponto de equilíbrio entre nível de controle de plantas daninhas e intensidade no emprego dos herbicidas e isto é uma função gerencial do processo. Neste gerenciamento o primeiro passo é obter indicadores numéricos deste processo, para, então, comparar unidades, obter modelos (benchmarks), correlacionar as diferentes usinas com nível de investimento e produtividade dos canaviais, traçar metas bem como acompanhar a evolução temporal. Os indicadores, por sua vez, devem ser obtidos por meio de diagnósticos periódicos da lavoura. Para que esses indicadores possam ser utilizados para comparar diferentes usinas é preciso que o método seja padronizado. Sendo assim, nesta pesquisa objetivou-se propor uma metodologia para a obtenção de infestação de plantas daninhas na época que antecede o início da safra em usinas de açúcar e álcool, definir uma amostragem balanceada em função da distribuição geográfica dos canaviais, proporção dos diferentes ambientes de produção, distribuição etária do canavial, dentre outros fatores. Nesses indicadores foram considerados a cobertura visual a frequência e a importância agrônômica das diferentes espécies ou grupo de espécies. Por meio dos indicadores obtidos pelo método proposto, foi possível caracterizar numericamente o processo de plantas daninhas e o grau de infestação no início da safra para diferentes categorias de canaviais, além de comparar diferentes unidades. Sendo assim, foi possível apontar quais plantas daninhas participam mais da comunidade infestante e da formação do índice de infestação.

Palavras-chave: cana-de-açúcar, gerenciamento de processo, índices de infestação, índices fitossociológicos, metodologia

DEVELOPMENT AND OBTAINING INDICATORS FOR THE SUGARCANE PLANT CONTROL PROCESS

ABSTRACT – In order to limit the coexistence between weeds and sugarcane, control methods, especially herbicides, are used. However, there must be a balance between weed control level and intensity of herbicide use and this is a managerial function of the process. In this management, the first step is to obtain numerical indicators of this process, to then compare units, obtain benchmarks, correlate the different mills with investment and productivity levels of sugarcane plantations, set goals as well as monitor temporal evolution. The indicators, should be obtained through periodic diagnoses of the crop. In order for these indicators to be used to compare different plants, the method must be standardized. Thus, this research had the objective of proposing a methodology to get weed infestation in the epoch before the beginning of the harvest in sugar and alcohol plants, to define a balanced sampling according to the geographic distribution of sugarcane, proportion of the different production environments, age distribution of sugar cane, among other factors. In these indicators the visual coverage is considered the frequency and the agronomic importance of the different species or group of species. Through the indicators obtained by the proposed method, it was possible to numerically characterize the weed process and the degree of infestation at the beginning of the harvest for different categories of cane fields, in addition to comparing different units. Thus, it was possible to identify which weeds participate more in the weed community and in the formation of the rate of infestation.

Keywords: sugarcane, process management, infestation indexes, phytosociological indices, matologia

LISTA DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Esquema de PDCA.....	7
Figura 2	Ilustração hipotética de um planejamento amostral pontos de parada e rota de caminhamento no interior de talhões para avaliação de plantas daninhas e atribuição de notas.....	9
Figura 3	Índices de infestação obtidos nos diferentes blocos de produção amostrados e índice de infestação geral (I.INF_b) em duas usinas com situações extremas de infestação no início de safra.....	14
Figura 4	Índices de infestação por categoria de corte.....	16
Figura 5	Índices fitossociológicos de duas usinas com situações extremas de infestação no início de safra.....	18
Figura 6	Participação das diferentes plantas daninhas, grupos de plantas daninhas e carreadores na formação do índice de infestação de duas usinas com situações extremas de infestação no início de safra.....	19
Figura 7	Evolução temporal dos índices de infestação geral, todos os cortes, entre 2016 e 2019 em nove usinas.....	22
Figura 8	Evolução temporal dos índices de infestação em cana-planta entre 2016 e 2019 em nove usinas.....	23
Figura 9	Evolução temporal dos índices de infestação em cana-soca 2 e 3 cortes entre 2016 e 2019 em nove usinas.....	23
Figura 10	Evolução temporal dos índices de infestação em cana-soca maior ou igual a 4 entre 2016 e 2019 em nove usinas.....	24

LISTA DE QUADROS

	Página
Quadro 1 Escala de notas de infestação com as respectivas descrições.....	10
Quadro 2 Categorização dos níveis de infestação geral de acordo com índices obtidos nas nove usinas nas quatro safras consecutiva.....	24

1 INTRODUÇÃO

A área colhida no Brasil de cana-de-açúcar destinada à atividade sucroalcooleira na safra 2018/19 foi de 8,63 milhões de hectares. Estes números representam um decréscimo de 1,1% quando comparado à safra anterior, mas de certa forma vêm se mantendo estável e não deve ser alterados significativamente para a safra 2019/20. A produção brasileira para a safra 2018/19 foi de 65,85 milhões de toneladas, ou seja, redução de 2,8% em relação à safra anterior (Conab, 2018).

A produtividade média brasileira poderia ser maior se o desenvolvimento da cultura não fosse prejudicado por fatores bióticos e abióticos. Dentre os fatores bióticos, a incidência de plantas daninhas contribui para o declínio acentuado da produção e quando não controladas de modo adequado, podem limitar o desenvolvimento da cultura, dificultar a colheita e reduzir a longevidade do canavial (Procópio et al., 2004). A presença dessas plantas pode interferir no processo produtivo principalmente por competir pelos recursos limitantes do meio (Silva et al., 2017). No entanto, o processo de interferência é bilateral, ou seja, a comunidade de plantas daninhas interfere no desenvolvimento do canavial, que por sua vez suprime o desenvolvimento de plantas daninhas. Sendo assim, é possível tolerar certo convívio entre as partes.

A intervenção com herbicidas é o método mais empregado no controle das plantas daninhas, pois a área que a cana-de-açúcar ocupa é extensa o que demanda métodos de alto rendimento operacional, mais dependente de equipamentos e menos dependente de mão-de-obra. O conhecimento das características dos herbicidas, condições do ambiente e da composição específica da comunidade infestante são fatores importantes no planejamento do processo (Kuva et al., 2008). As formas de interação entre estas três partes são fundamentais para que as recomendações resultem em mais casos de sucesso em detrimento aos casos de insucesso nas escolhas.

Por outro lado, para proporcionar níveis de limpeza que muitas vezes não são necessários (“mato zero”) para eliminar as perdas de produtividade ou a interferência negativa no rendimento da colheita, ocorrem alguns exageros no emprego de

herbicidas, um fator abiótico, seja em relação às doses empregadas ou número de intervenções no mesmo ciclo, que tem aumentado nos últimos anos. Não há números concretos, mas é bem possível que os esforços empregados para eliminar as plantas daninhas em muitos casos não resultam em retorno econômico devido a perdas por intoxicação do canavial, pois há vários trabalhos mostrando redução significativa de produtividade para vários herbicidas. Sendo assim, é necessário buscar o equilíbrio entre investimento em tratamentos herbicidas, controle suficiente das plantas daninhas, seletividade para a cultura e retorno econômico. Desta forma, o primeiro passo para isso é o desenvolvimento de métodos para obtenção de indicadores de desempenho para o processo de controle de plantas daninhas em canaviais. Alguns trabalhos de pesquisa mostram que a intoxicação da cana-de-açúcar por herbicidas podem acarretar perdas de produtividade na ordem de 10 a 20 t.ha⁻¹ (Montorio et al., 1997), de 14 a 19 t.ha⁻¹ (Fagliari et al., 2001).

O gerenciamento deste processo, portanto, é a busca pelo equilíbrio entre investimento (herbicidas, estrutura e mão-de-obra) e resultados (eficácia e seletividade) de modo que ocorra retorno econômico. Segundo Falconi (2013), os pontos fundamentais para o gerenciamento deste e de qualquer processo são: (1) – Diagnósticos ou medições periódicas; (2) – Planejamento; (3) – Treinamento de equipes e Execução; (4) – Monitoramento de resultados e (5) – Ações corretivas no planejamento em função dos resultados do monitoramento.

É necessário desenvolver um método padrão que permita obter indicadores numéricos confiáveis que representem a situação do canavial de uma propriedade ou usina em diferentes momentos considerando a infestação por plantas daninhas. Ao empregar o mesmo método em diferentes usinas e propriedades, proporcionar a obtenção de modelos de manejo que tragam os melhores resultados (*benchmark*) para o processo de controle de plantas daninhas para, então, poder realizar comparações quanto à infestação e eficácia dos programas adotados ao longo dos anos e medir impactos positivos ou negativos de decisões gerenciais; adoção de tecnologia, aumento e redução de investimento no processo com moléculas, estrutura e mão-de-obra; mudança de equipes; ritmo de reformas, entre outras.

Foram os objetivos deste trabalho, portanto, apresentar uma proposta de método de amostragem e de cálculo de indicadores para o processo de controle de

plantas daninhas em usinas de processamento de cana-de-açúcar e apresentar algumas aplicações práticas com a utilização de tais indicadores que serão importantes para o melhor gerenciamento do processo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar pertence à família Poaceae e ao gênero *Saccharum*, sendo originária do sudeste da Ásia. Foi introduzida no Brasil pelos colonizadores portugueses. A cultura da cana-de-açúcar se adapta muito bem às regiões de clima tropical. Quanto à umidade do solo, um suprimento adequado de água é essencial para o desenvolvimento da planta.

É uma gramínea tipicamente tropical, adaptada ao clima quente e úmido. Está enquadrada entre as gramíneas de maior eficiência fotossintética, ou seja, é classificada entre as plantas de metabolismo C4 (Casagrande, 1991). A planta é constituída pelo sistema radicular, colmos, onde a sacarose é predominantemente estocada, e por folhas dispostas ao redor do colmo, nos nódulos intercolmos e também na parte superior da planta, onde se localiza a gema apical.

O desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar é dependente de fatores climáticos, sendo que as variações na disponibilidade térmica, precipitação e intensidade luminosa exercem grande influência sobre a fenologia da cultura, o que terá efeito sobre a produtividade (Smit e Singels, 2006; Uehara et al., 2009).

A cana-de-açúcar, em função do seu ciclo semiperene, sofre a influência das variações climáticas durante todo o ano. Para atingir alta produção de sacarose, a planta precisa de temperatura e umidade adequadas para permitir o máximo crescimento na fase vegetativa, seguida de restrição hídrica e/ou térmica para favorecer o acúmulo de sacarose no colmo na época do corte. A cana-de-açúcar encontra suas melhores condições quando ocorre um período quente e úmido, com intensa radiação solar durante a fase de crescimento, seguida de um período seco durante as fases de maturação e colheita (Casagrande, 1991).

2.2 Interferências das plantas daninhas na cana-de-açúcar

A interferência das plantas daninhas nas culturas agrícolas pode ser entendida como a diminuição da produção econômica provocada pela convivência com a comunidade infestante. Esse nível de interferência depende de fatores ligados à própria cultura (espécie ou variedade, espaçamento e densidade de plantio), à comunidade infestante (composição específica, densidade e distribuição) e à época e extensão do período de convivência, além das influências edáficas, climáticas e tratos culturais (Bressanin et al., 2016; Piza et al., 2016).

Dessa forma, nem todas as espécies de plantas daninhas exercem a mesma intensidade na interferência imposta ao desenvolvimento e à produtividade da cultura. Há espécies dominantes, que originam a maior parte da interferência; secundárias, presentes em menor densidade e cobertura, e as acompanhantes, cuja presença é esporádica e que dificilmente resultam em problemas econômicos às culturas (Kuva et al., 2007).

Segundo Kuva et al. (2003), a interferência proporcionada pelas plantas daninhas acarreta em redução significativa no rendimento da cultura, além de proporcionar outros aspectos negativos, como decréscimo da longevidade do canavial, redução da qualidade industrial da matéria-prima e dificuldade nas operações de colheita e transporte. Dessa forma, é evidente a necessidade de estratégias eficientes no controle das comunidades infestantes da cultura.

A redução da produtividade da cana-de-açúcar decorrente da presença da comunidade de plantas daninhas varia com o tipo e densidade de infestação. 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 larga reduziu em 33% (Meirelles et al., 2009), de mucuna-preta reduziu em 50% (Bressanin et al., 2016) e de corda-de-viola de 17,5% (Piza et al., 2016) a 46% (Silva et al., 2009). Algumas espécies de plantas daninhas, mesmo em baixas densidades, provocam reduções na produtividade.

2.3 Controle químico

Apesar de serem descritos diversos métodos de controle, como manual, mecânico, cultural e biológico, o químico destaca-se como sendo o mais utilizado, seja pela melhor operacionalidade, como pela eficácia (Oliveira, 2011), caracterizando o melhor custo benefício. Há herbicidas que são utilizados em pré ou pós-emergência, que controlam as plantas daninhas em estádios iniciais ou muito desenvolvidas.

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).

Registrados junto ao Ministério da Agricultura existem aproximadamente quarenta moléculas de herbicidas para utilização na cana-de-açúcar. 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 e López-Ovejero, 2005). Com isso, o espectro de plantas controladas e o período residual de controle sofrem variações, dependendo das condições nas quais os fatores se interagem (composição da comunidade, característica do herbicida e condições do meio).

2.4 Desenvolvimento de indicadores

O gerenciamento de qualquer processo é melhor realizado quando estão disponíveis para o gestor indicadores numéricos confiáveis, pois as decisões tomadas são menos subjetivas e mais técnicas. Alguns processos do sistema de produção de cana-de-açúcar já dispõem de índices de desempenho e qualidade obtidos por metodologias já estabelecidas, validadas e adotadas ao longo dos anos, é o caso do processo de controle da maioria das pragas, preparo do solo, qualidade de plantio e colheita. Outros índices já adotados pelas unidades produtoras são os de rendimentos

operacionais, tempo de execução e entrada com a operação e os índices que indicam maturação do canavial.

Para o controle de plantas daninhas em canaviais, embora seja considerado um dos principais processos dado os prejuízos potenciais, ainda não existe método padronizado de obtenção de índices e sua validação. Como consequência disso, o conceito de canaviais “limpos” e “sujos” são muito relativos e o planejamento é bastante prejudicado, havendo vários casos de superdimensionamento ou subdimensionamento de recursos, o que resulta em impacto ambiental, intoxicação da cultura, necessidade de repasses, perdas por mato-competição ou redução da eficiência da colheita.

Os pontos fundamentais para o gerenciamento deste e de qualquer processo são os diagnósticos ou medições periódicas, seguido pelo planejamento do processo; o treinamento de equipes e execução do planejamento; monitoramento de resultados e ações corretivas em função dos resultados do monitoramento. (Falconi, 2013)

A obtenção de tais indicadores numéricos são importantes, pois permitem diferenciar situações atuais de diferentes unidades de produção dentro de um grupo, Estado ou micro-região e obter benchmarks, medir evoluções positivas ou negativas de resultados quando da adoção de novas tecnologias e estratégias, medir o efeito do aumento ou redução de investimento, da alteração de equipes, auxiliar no estabelecimento de metas (melhoria ou manutenção), implementar sistema de remuneração diferencial da equipes por resultados, entre outros (Gomes et al., 2005) Na Figura 1, consta um esquema bastante conhecido de gerenciamento de processos (PDCA). Nele pode-se identificar as várias aplicações práticas para os indicadores de desempenho de processo acima citadas.

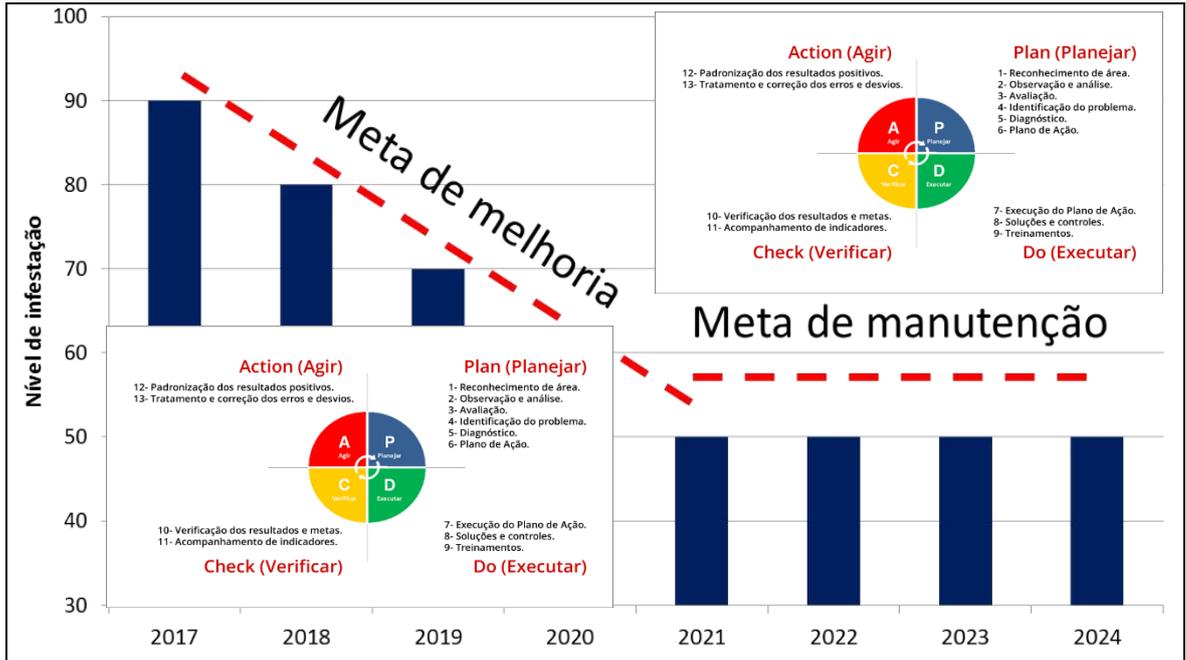


Figura 1. Esquema de PDCA (P = planejamento; D = treinamento e execução; C = monitoramento e A; ações corretivas) de gerenciamento de processos. As barras azuis representam os indicadores do processo ao longo do tempo.

Os indicadores devem ser obtidos por diagnósticos periódicos na lavoura realizados com metodologia padrão. A padronização envolve os seguintes pontos: planejamento amostral, estabelecimento de escala numérica de notas, treinamento de avaliadores e cálculos de índices representativos e relevantes para o processo.

Nos últimos três anos há uma iniciativa do grupo de pesquisa (LAPDA – FCAV/Unesp, campus de Jaboticabal) e Herbae Consultoria e Projetos Agrícolas Ltda. em definir alguns indicadores para o processo de controle de plantas daninhas, bem como estabelecer um método para obtenção de tais indicadores. O método utilizado nestes diagnósticos foi baseado em percorrida no campo e em experiências pessoais dos especialistas envolvidos, sem validação prévia do mesmo, semelhante ao que ocorre até os dias de hoje para estimativa de produtividade. No entanto, houve grandes coincidências entre os resultados obtidos e a percepção dos técnicos das unidades de produção envolvidas. Sendo assim, os resultados obtidos passaram a influenciar nas estratégias e no planejamento deste importante processo dentro dessas unidades. Uma limitação operacional na realização desses diagnósticos é que está baseada na percorrida no campo e na vistoria de talhões por caminharmento, o

que demanda tempo e mão-de-obra, cada vez mais escasso nas unidades de produção. O desenvolvimento de métodos utilizando imagens de satélites, drones, aeronaves deverá ser um caminho natural para esta linha de pesquisa.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi realizada em nove usinas de açúcar e álcool localizadas na região produtora dos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul por quatro anos consecutivos; 2016/17, 2017/18, 2018/19, 2019/20. As usinas que compuseram a pesquisa são assim identificadas neste artigo: Usina 1, Usina 2, Usina 3, Usina 4, Usina 5, Usina 6, Usina 7, Usina 8 e Usina 9. Em cada usina e nos quatro anos o projeto foi constituído de três fases: (1) – Planejamento Amostral; (2) – Vistoria de campo e atribuição de notas e (3) – Cálculo dos indicadores.

3.1 Planejamento Amostral

Na fase de planejamento amostral foram definidos, no escritório e por pessoas não diretamente envolvidas no processo, blocos de produção (amostras) seriam vistoriados e avaliados na fase de campo, dentre aqueles previstos para serem colhidos na safra eminente em cada usina. Entenda-se como amostra um bloco a ser colhido na mesma época de tamanho entre 30 e 150 ha. Na elaboração e distribuição da amostragem, foram considerados os seguintes critérios para balanceamento: cobertura geográfica, distribuição do perfil etário do canavial, ambientes de produção, épocas de corte previsto. O número de blocos de produção vistoriados variou entre 82 e 134, de acordo com a área total de colheita nas respectivas usinas e safras.

Uma vez elaboradas as amostragens, ainda no escritório foram definidos os pontos de parada e entrada no interior dos talhões para avaliação da comunidade infestante de plantas daninhas. O número de paradas e entradas no interior do talhão foi definido de acordo com o tamanho do bloco de produção: de 30 a 75 ha, foram avaliados dois pontos de parada, sendo amostrado quatro talhões, e de 76 a 150 ha, foram realizados três pontos de parada, sendo amostrado seis talhões.

3.2 Vistoria de campo e atribuição de notas

A vistoria foi realizada no início da safra. O percurso no interior dos talhões foi padronizado, adentrando-se até aproximadamente 50 metros e observando pelo menos 10 entrelinhas diferentes. As plantas daninhas dos carregadores, margens de talhão e do interior dos talhões que puderam ser observadas durante o deslocamento de um ponto de parada para outro também fizeram parte da avaliação e foram consideradas por ocasião da atribuição das notas. A Figura 2 apresenta hipoteticamente a amostragem e a vistoria num bloco de produção (amostra).

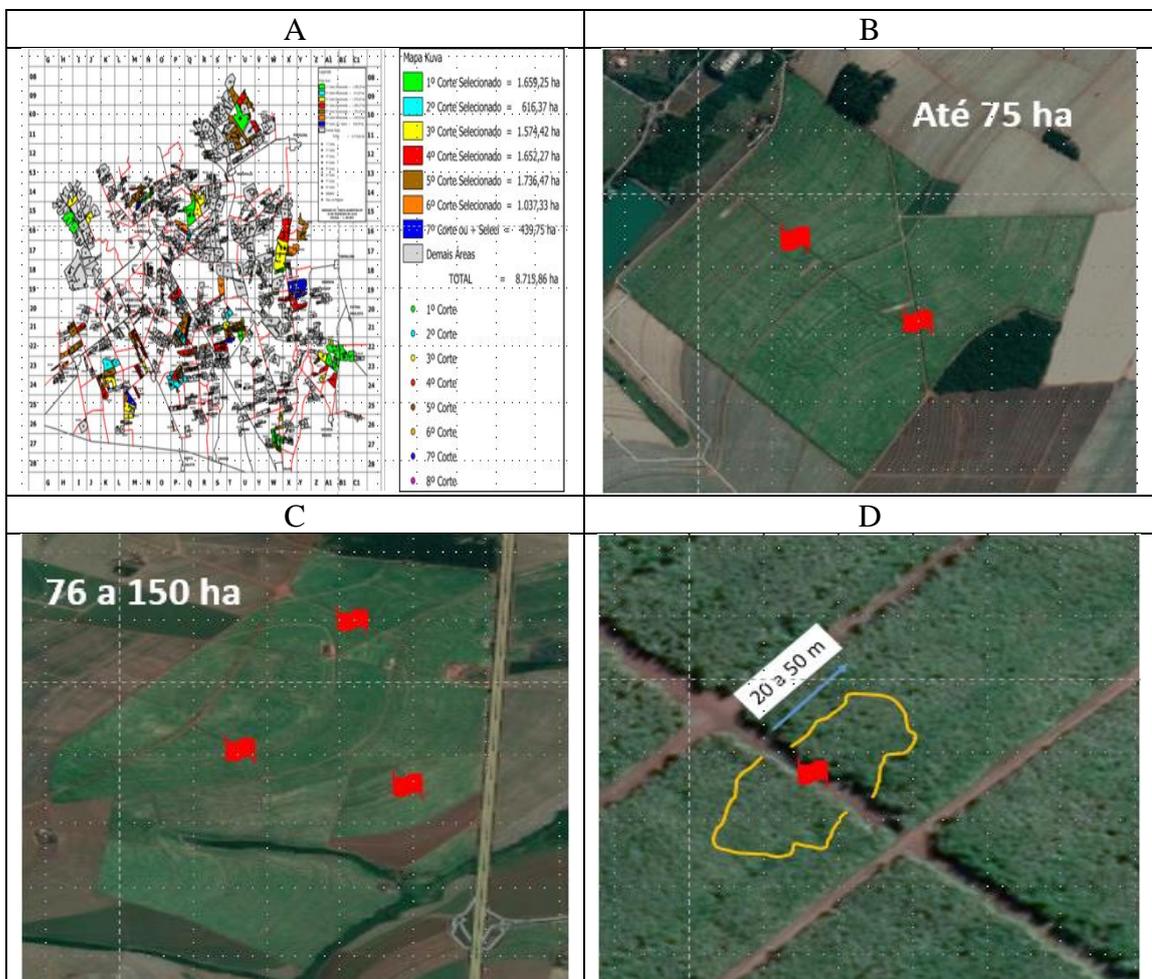


Figura 2. Ilustração hipotética de um planejamento amostral pontos de parada e rota de caminhamento no interior de talhões para avaliação de plantas daninhas e atribuição de notas. (A) – composição da amostragem; (B e C) pontos de parada em função do tamanho do bloco de produção e (D) – rota mínima de caminhamento nos pontos de parada.

Ao final do percurso num bloco de produção foram atribuídas notas para os diferentes grupos estabelecidos, que foram; complexo das braquiárias perenes (BRASS), capim-colonião (PANMA), tiririca (CYPRO), grama-seda (CYNDA), complexo de capim-colchão (DIGSS), capim-marmelada (BRAPL), complexo de Ipomoeas (IPOSS), complexo de Merremias (MRRSS), fedegoso (CASOB), complexo de guanxumas (SIDSS), capim-carrapicho (CCHEC), complexo de carurus (AMASS), capim-pé-de-galinha (ELEIN), mamona (RIICO), mucuna-preta (MUCAT), capim-massambará (SORHA), capim-falso-massambará (SORAR) e capim-camalote (ROOEX), outras plantas daninhas foram contempladas no somatório de outras folhas largas (OUTRAS FL) e no somatório de outras folhas estreitas (OUTRA FE). A escala de notas utilizada e a descrição consta no Quadro 1.

Quadro 1. Escala de notas de infestação com as respectivas descrições

Nota	Descrição
0	Nenhuma planta da espécie ou grupo
1	Poucas plantas da espécie ou do grupo (é possível quantificar numa vistoria rápida) e observadas em poucos talhões (frequência < 50%)
2	Poucas plantas da espécie ou do grupo (é possível quantificar numa vistoria rápida) em vários talhões (frequência > 50%)
3	Muitas plantas da espécie ou do grupo (não é possível quantificar numa vistoria rápida) em poucos talhões (frequência <50%)
4	Muitas plantas da espécie ou do grupo (não é possível quantificar numa vistoria rápida) em muitos talhões (frequência > 50%)
5	Muitas plantas da espécie ou do grupo (não é possível quantificar numa vistoria rápida) em todos os talhões (frequência = 100%)

3.3 Calculo dos indicadores

Para o cálculo do índice de infestação de plantas daninhas nos diferentes blocos de produção foi aplicada a seguinte fórmula ponderada:

$$I.INF (\text{bloco de produção}) = [4*(Cp) + 3*(Cs) + 2*(Ct) + 1*(Cq)]$$

Em que:

I.INF (b) = índice de infestação do bloco de produção.

Cp = categorias de peso quatro; PANMA, BRASS, CYNDA, MUCAT (Primários)

Cs = categorias de peso três; RIICO, CYPRO, IPOSS, MRRSS, SORHA, SORAR, DIGSS, ROOEX (Secundários)

Ct = categorias de peso dois; CASOB, outras FL, outras FE, carregadores + bordas de talhões + curvas em nível (Terciários)

Cq = categorias de peso um; SIDSS, AMASS, CCHEC, ELEIN (Quaternários)

Os índices de ponderação de 1 a 4 na fórmula do I.INF (b) consideram o impacto negativo da deficiência no controle das diferentes plantas daninhas ou grupos de plantas daninhas na produtividade, no rendimento da operação de colheita, bem como os esforços e investimentos necessários para a sua eliminação.

Para a obtenção do índice de infestação da usina foi aplicado a fórmula:

$$\text{I.INF (Usina)} = \sum \text{I.INF (blocos de produção)} / N$$

No qual:

- I.INF (Usina) = Índice de infestação da usina
- $\sum \text{I.INF (bloco de produção)}$ = Somatório dos índices de infestação dos blocos de produção amostrados em determinado ano
- N = número de blocos de produção avaliados

Os índices de infestação das usinas também foram calculados de forma segmentada de acordo com a categorização do canavial por idade, aplicando a fórmula do I.INF (usina) para:

- cana-planta = $\text{I.INF (usina)}_{cp} = \sum \text{I.INF}_{(blocos)}_{cp} / N_{cp}$
- cana-soca nova (2º e 3º corte) = $\text{I.INF (usina)}_{cs\ 2,3} = \sum \text{I.INF}_{(blocos)}_{cs\ 2,3} / N_{cs\ 2,3}$

- cana-soca velha (maior ou igual a 4º corte) = I.INF (usina)_cs \geq 4 = \sum I.INF_(blocos)_cs_ \geq 4 / Ncs_ \geq 4

Para avaliar a participação das espécies ou grupo de espécies, independentemente do grau de importância agrônômica foram calculados índices fitossociológicos baseados na frequência e nas notas atribuídas (escala de 0 a 5), pois essas notas, de certa forma refletem a cobertura proporcionada pelas espécies ou grupo de espécies nos canaviais na região amostrada, que por sua vez é derivada de densidade e da massa das plantas. Esses índices foram calculados seguindo uma sequência de cálculos:

Frequência (Fx) e Frequência relativa (Frx)

$$F_x = (R_x * 100) / N_t$$

Em que:

Fx = frequência da espécie ou grupo de espécie x

Rx = número de blocos de produção onde ocorreu a espécie ou grupo de espécie x

Nt = número total de amostras ou blocos de produção vistoriados

$$F_{rx} = (F_x * 100) / \sum F_t$$

Em que:

Frx = Frequência relativa da espécie ou grupo de espécie x

$\sum F_t$ = Somatório da frequência de todas as espécies ou grupo de espécies observadas na avaliação.

Dominância relativa (DoRx)

$$D_oR_x = (M_x * 100) / \sum M_t$$

Em que:

DoRx = Dominância relativa da espécie ou grupo de espécie x

Mx = média das notas atribuídas para a espécie ou grupo de espécie x em toda a avaliação

$\sum Mt$ = Somatório da média das notas de todas as espécies ou grupo de espécies observadas em toda a avaliação.

Índice de valor de importância (IVI) e Importância relativa (I.R)

$$IVI = Frx + DoRx$$

Em que:

IVI = índice de valor de importância

Fr_x = Frequência relativa da espécie ou grupo de espécie x

DoRx = Dominância relativa da espécie ou grupo de espécie x

$$I.R = IVI / 2$$

A participação dos diferentes grupos nos índices, contemplando a importância agrônômica das categorias também foi calculada. Para isso, foi igualado a zero as notas de determinados grupos de interesse em todos os blocos de produção avaliados. Por meio da subtração entre o I.INF (usina) com todos dados coletado e o I.INF (usina) com dados zerados para o grupo de interesse a participação dos principais grupos pôde ser medido. Esse valor mensurado representa a participação dos diferentes grupos na usina considerando a ocorrência, cobertura pela massa verde e importância agrônômica.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fim de explorar as diferentes abordagens considerando usinas individuais, tomamos como exemplo resultados referentes à safra 2018/19 da Usina 2 e 2019/20

da Usina 4, a primeira com os maiores índices já obtidos e outra dentre aquelas com menores índices. Essa abordagem pode ser extrapolada para essas mesmas usinas nas diferentes safras e para as demais usinas nas quatro safras diagnosticadas nesta pesquisa.

Segundo Pitelli (2000), para avaliar os impactos que as práticas agrícolas podem exercer em um determinado ecossistema, sobre a comunidade infestante e as dinâmicas de crescimento, é necessário estabelecer os índices fitossociológicos. Esses índices são determinados à partir da distribuição espacial, biomassa e densidade das populações de plantas presentes. A densidade relativa reflete a participação numérica de indivíduos de uma determinada espécie na comunidade; a frequência expressa a uniformidade de distribuição espacial das populações; a dominância relativa representa a relevância de uma espécie em termos da massa global da comunidade infestante e a importância relativa é uma análise ponderada dos três índices anteriores e indica as espécies mais importantes em termos de infestação numa cultura.

A Usina 2 em 2018/19 foi diagnosticada com o maior índice de infestação geral (I.INF geral), 32,96 (Figura 3A). Nesta safra a amostragem foi composta por 85 blocos de produção, cuja amplitude de valores variou entre o mínimo de 5 e o máximo de 110. A escala varia entre mínimo de zero e o máximo teórico de 275. Esse valor máximo é teórico porque jamais será encontrado um bloco de produção onde se possa atribuir nota 5 para todas as categorias de plantas daninhas e carreadores, pois as mesmas competem entre-si pelos recursos do meio.

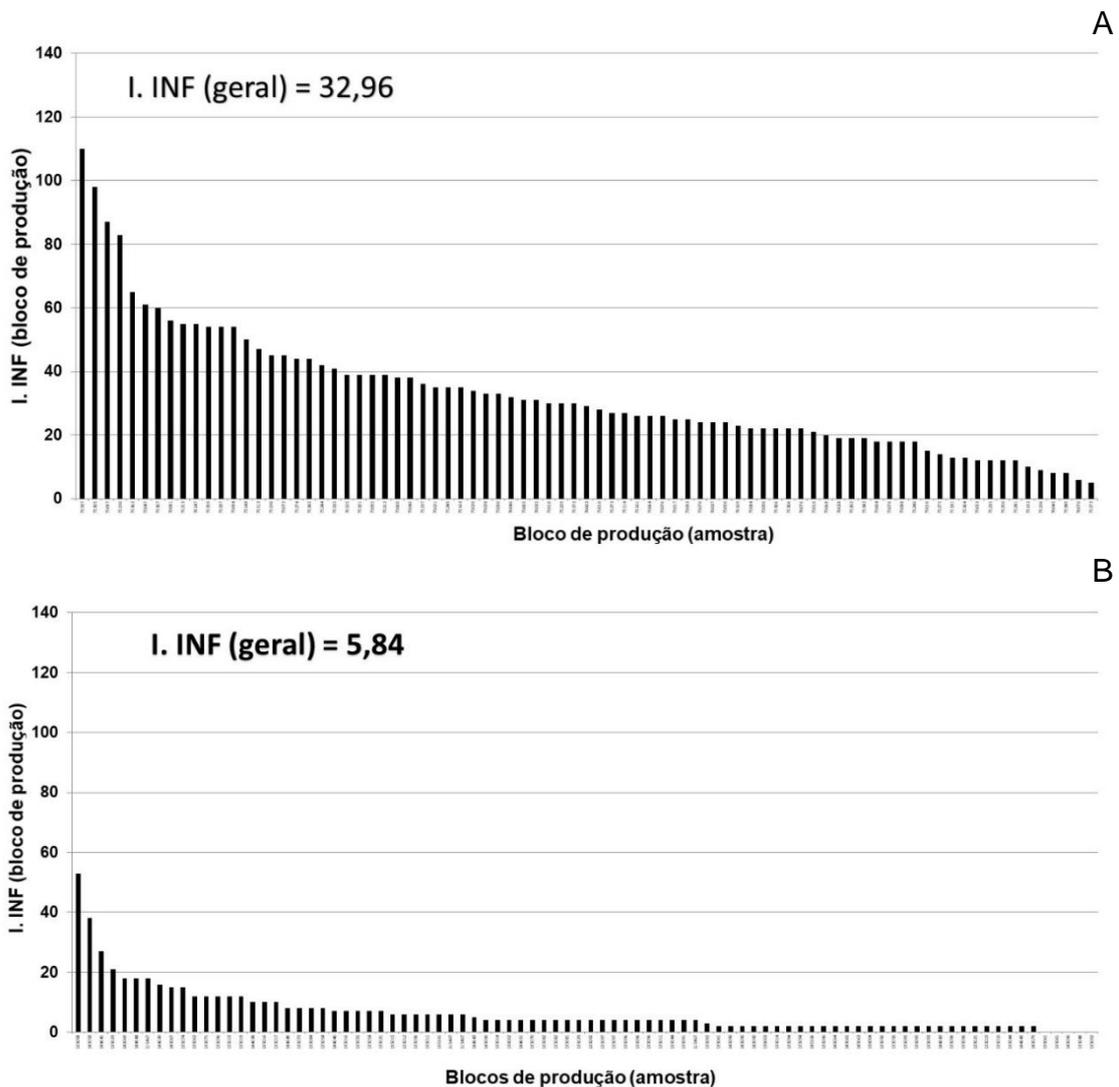


Figura 3. Índices de infestação obtidos nos diferentes blocos de produção amostrados e índice de infestação geral (I.INF_b) em duas usinas com situações extremas de infestação no início de safra; alta infestação (A) e baixa infestação (B).

Analisando a amostragem de forma segmentada e calculando os índices por categoria de idades de corte, cana-planta, soca 2 e 3 cortes e soca maior ou igual a 4 cortes os índices obtidos para a Usina 2 foram; 24 (I.INF – cp), 21 (I.INF cs 2,3) e 37 (I.INF cs \geq 4), respectivamente (Figura 4A). Pelo reduzido número de blocos de produção de cana-planta amostrados, seis, constata-se que o taxa de renovação na última estação de plantio foi baixa, equivalendo a 6% da amostragem. Iniciar um ciclo de produção com plantios altamente infestados com plantas daninhas entouceiradas

e banco de sementes muito densos requer grandes e onerosos esforços nos ciclos seguintes e as chances desses canaviais atingirem precocemente o nível de reforma e com altíssimas infestações são grandes.

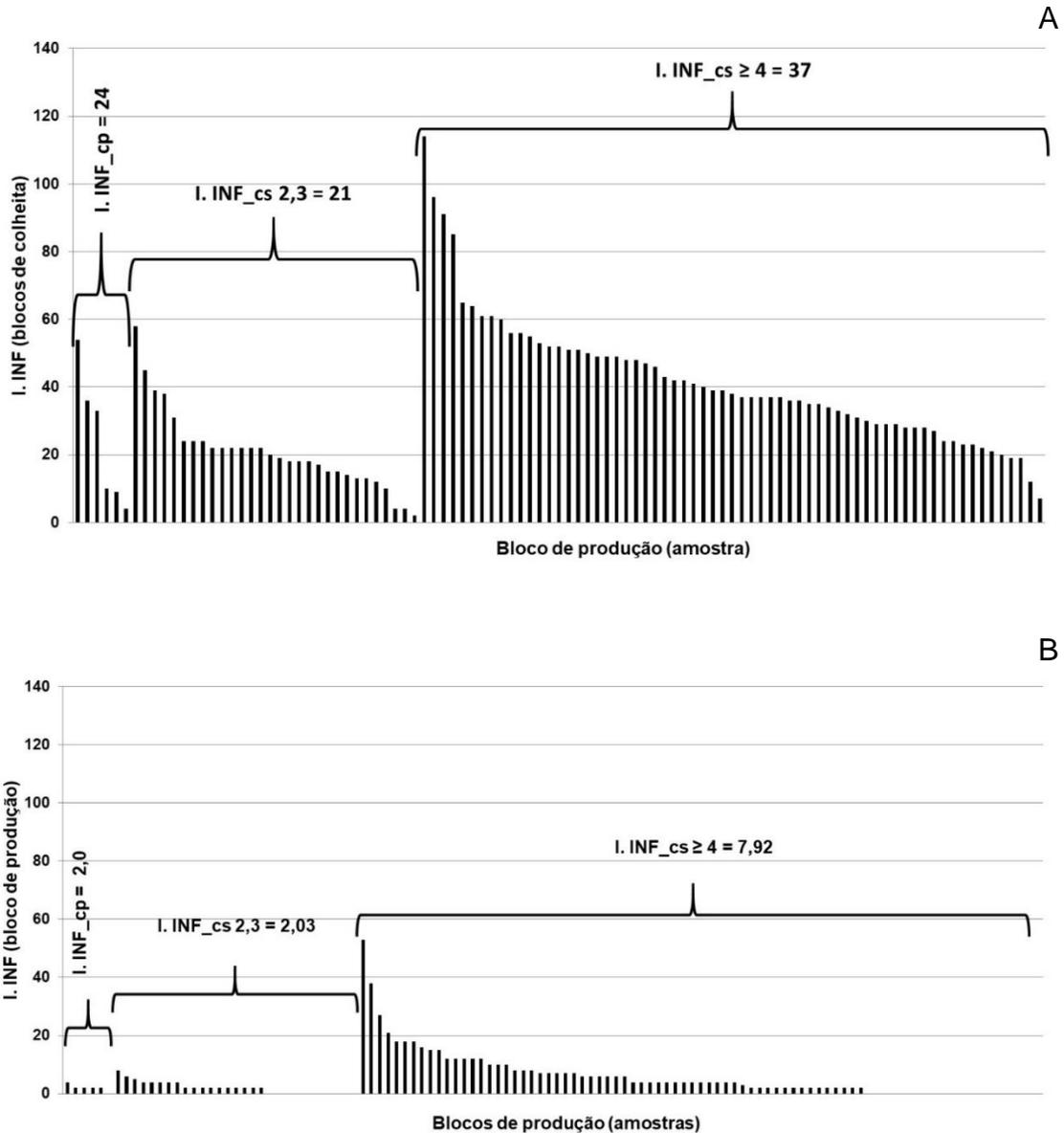


Figura 4. Índices de infestação por categoria de corte; cana-planta (I.INF_cp), cana soca 2 e 3 cortes (I.INF_cs 2,3) e cana soca maior ou igual a 4 (I.INF_cs ≥ 4) em duas usinas com situações extremas de infestação no início de safra; alta infestação (A) e baixa infestação (B).

Essa visão segmentada dos índices é bastante útil pois permite, ao longo do tempo, medir a influência das estratégias adotadas nos diferentes segmentos, pois a cana-planta será soca 2, soca 3 será soca 4 e parte da soca maior ou igual a 4 será

cana-planta no ano seguinte. Sendo assim, uma melhora ou piora na performance em determinada categoria de corte reflete no resultado do ano corrente na própria categoria, mas também em categorias subsequentes ao longo dos anos, principalmente em relação às espécies de plantas daninhas de ciclo perene. Sendo assim, esses índices apresentados refletem resultados do manejo do ano anterior mas também dos anos anteriores, uma vez que algumas plantas daninhas se perenizam na lavoura e plantas anuais acumulam mais sementes no solo quanto maiores forem os níveis de escape às estratégias de controle adotados nos últimos 5 a 6 anos (ciclo médio do total de cortes).

Em outro extremo, a Usina 4, em 2019/20 foi diagnosticada como uma das que apresentaram os menores índice de infestação geral (I.INF geral), 5,84 (Figura 3B). Nesta safra a amostragem foi composta por 99 blocos de produção, cuja amplitude de valores variou entre o mínimo de zero e o máximo de 53. Para as diferentes categorias de corte os índices obtidos para a Usina 4 foram; 2,0 (I.INF – cp), 2,03 (I.INF cs 2,3) e 7,92 (I.INF cp \geq 4), respectivamente (Figura 4B). Assim como a Usina 2 em 2018/19 também apresentou baixa taxa de renovação na última estação de plantio, visto pela pequena participação de cana-planta na amostragem, 6%. Iniciar um ciclo de produção com canaviais limpos por ocasião da renovação (cana-planta) é fundamental e neste momento as operações de dessecação, preparo de solo, utilização de herbicidas em pré-plantio incorporado e uma boa escolha dos tratamentos em pós-plantio são fundamentais. Ainda, se necessário, uma operação de aplicação localizada “catação química” é válida para a obtenção desses baixos índices iniciais. Ocorrendo isso, nas socas 2 e 3 cortes, com a camada de palha depositada sobre o solo a pressão de plantas daninhas, em especial as gramíneas, fica reduzida e a manutenção em níveis baixos de infestação até as soqueiras mais velhas é viável com os principais tratamentos químicos disponíveis o que facilita o futuro processo de reforma.

Os índices fitossociológicos também podem ser obtidos pelos diagnósticos e são úteis para caracterizar a organização e a composição da comunidade de plantas, neste caso, das plantas daninhas de canaviais. Nesta pesquisa a importância relativa (IR) de uma espécie ou conjunto de espécies é dada pela composição de dois índices, a dominância (DoR) e a frequência (Fr_x). O primeiro fator representa a percepção

visual de cobertura e o segundo fator o número de amostras em que foi detectada a presença de uma espécie ou grupo de espécie em relação ao total de amostras. Esses índices servem para indicar quais as principais espécies ou grupo de espécies e suas respectivas participações no momento das vistorias de campo e quando determinadas periodicamente permitem avaliar alterações na composição devido a modificações no sistema produtivo. Nas Figuras 5A e 5B são apresentados a composição específica das Usinas 2 em 2018/19 e 4 em 2019/20, respectivamente. No entanto, estes índices não incluem um fator de ponderação da importância agrônômica que não são iguais para as diferentes espécies ou grupo de espécies de planta daninha.

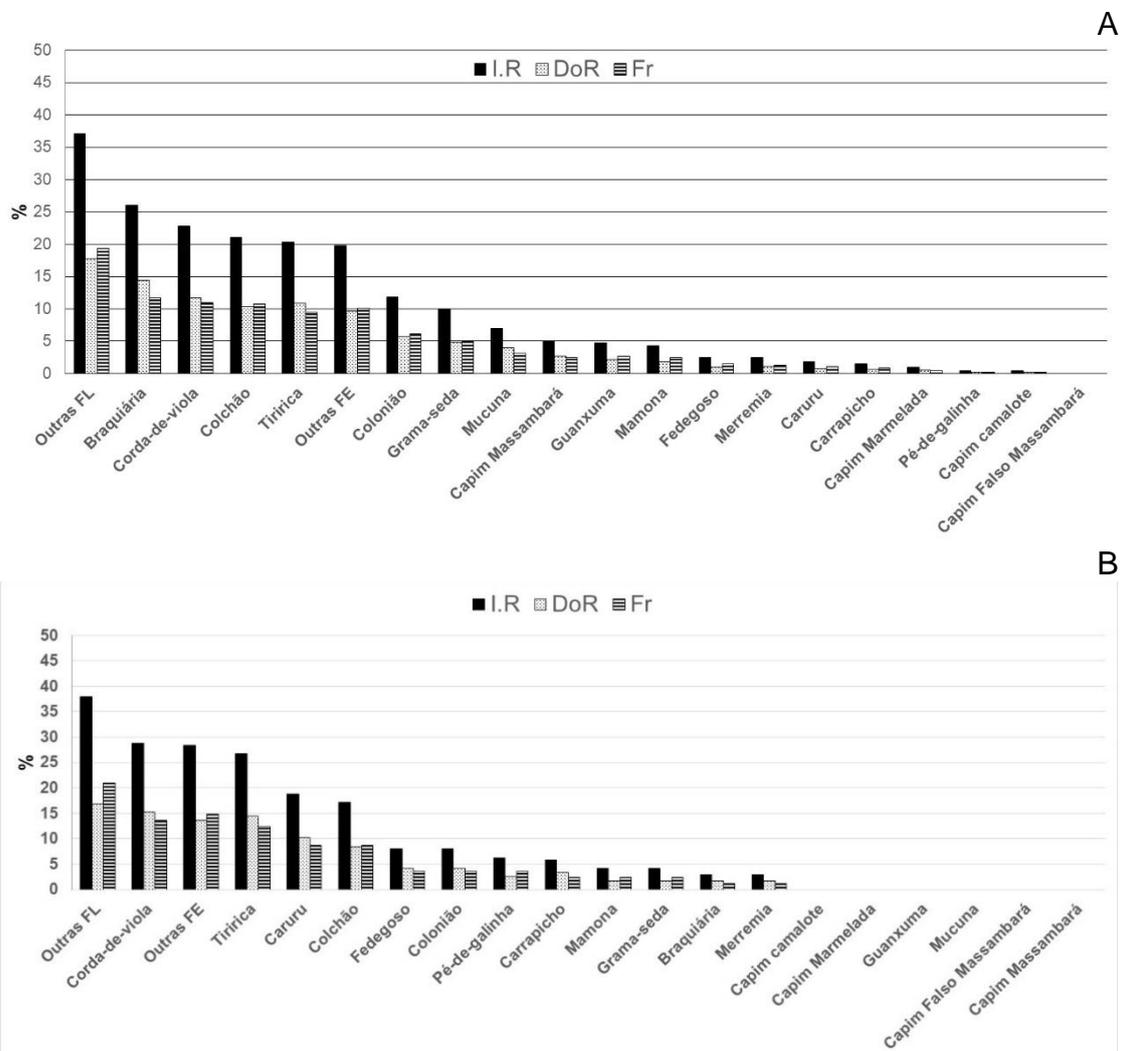


Figura 5. Índices fitossociológicos de duas usinas com situações extremas de infestação no início de safra; alta infestação (A) e baixa infestação (B).

As categorias de plantas daninhas ou grupo de plantas daninhas participam na constituição do índice de infestação de forma diferencial (pesos de 1 a 4), pois apresentam diferentes pesos em função do grau de interferência e dificuldade de resolução. Na Usina 2 em 2018/19 (Figura 6A) observa-se que as participações, ocorrem, nesta ordem decrescente; carregadores e bordas de talhões (Carreadores), complexo das braquiárias perenes (BRASS), complexo das cordas de viola e merrêmias (IPOSS + MRRSS), outras folhas larga (OFL), tiririca (CYPRO), complexo de capim-colchão (DIGSS), capim-colonião (PANMA) e mucuna-preta (MUCAT). Por outro lado na Usina 4 em 2019/20 (Figura 6B), as participações das categorias de plantas daninhas ou grupos foram; carregadores e bordas de talhões (Carreadores), complexo das cordas de viola e merrêmias (IPOSS + MRRSS), tiririca (CYPRO), outras folhas larga (OFL), complexo de capim-colchão (DIGSS), capim-colonião (PANMA) e complexo dos carurus (AMASS).

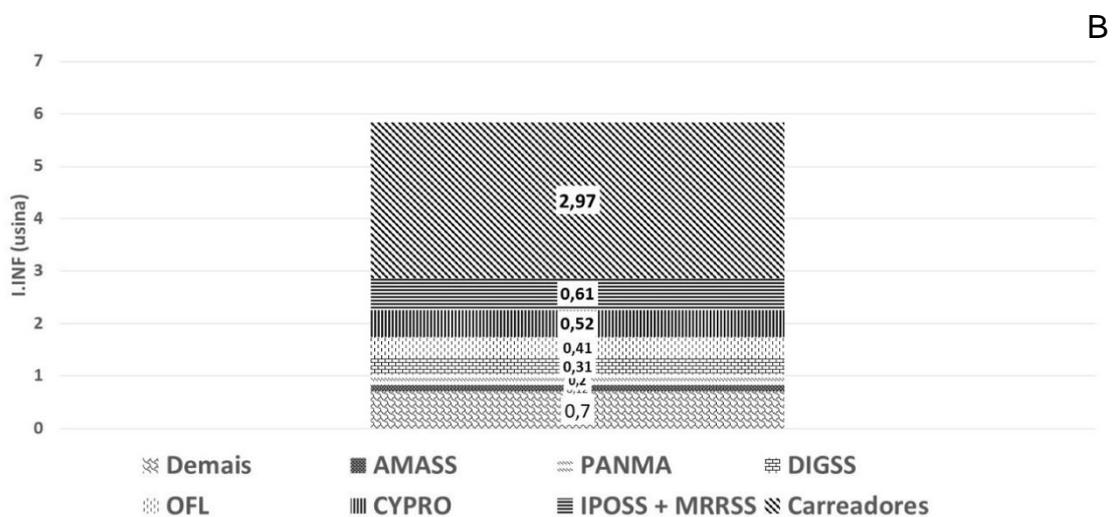
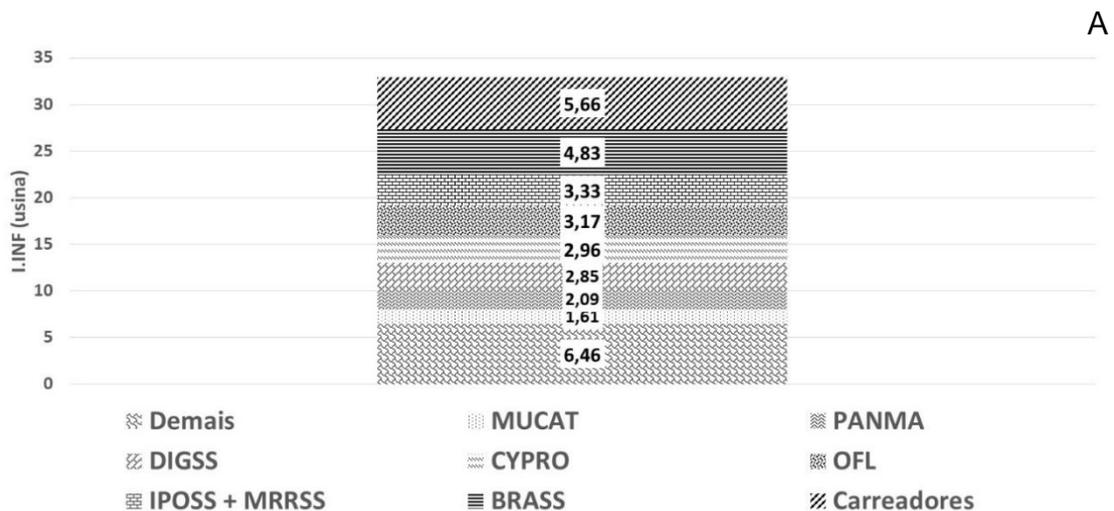


Figura 6. Participação das diferentes plantas daninhas, grupos de plantas daninhas e carreadores na formação do índice de infestação de duas usinas com situações extremas de infestação no início de safra; alta infestação (A) e baixa infestação (B).

Das categorias de plantas daninhas listadas nas Usina 2 (2018/19) ou 7 (2019/20) ou em ambas, BRASS, PANMA e MUCAT apresentam peso 4. O fato de terem escapado em parte aos programas de manejo adotados ao longo dos últimos anos deve ter proporcionado danos elevados quanto a produtividade e deverá proporcionar danos no rendimento do processo de colheita, além de representar potencial de impurezas vegetais na carga a ser colhida. Somando-se a isso, a resolução do problema estabelecido com o acúmulo destas plantas é complexa e onerosa, pois requerem várias intervenções químicas com herbicidas ou adoção de práticas que requerem mão-de-obra.

O capim-braquiária, caso não seja tomada nenhuma medida de controle, acarreta em perdas de até 82% na produtividade (Kuva et al., 2001), o capim-colonião pode acarretar perdas de até 42% na produtividade (Meirelles, et al., 2009). Diante destes números é seguro projetar que o controle deficiente destas categorias de plantas apresenta elevado potencial de dano, entre 3 e 10%. O complexo de capim-braquiária, muitas vezes representam entraves para o processo de colheita mecanizada e o capim-colonião eleva a quantidade de impurezas vegetais nas cargas e no processamento industrial. O controle destas plantas, quando perenizadas na lavoura de cana-de-açúcar são complexas, pois herbicidas distribuídos em área total e dose uniforme são inócuos e somente algumas moléculas aplicadas de forma dirigida em altas doses na base da touceira são eficientes.

A mucuna-preta é uma espécie introduzida como cultura de cobertura e que vem ganhando importância nos canaviais com a alteração do sistema de colheita para mecanizado sem queima prévia da palhada. Por apresentar dormência apresenta germinação escalonada e suas sementes permanecem por vários anos no solo. Quando não controlada os danos podem chegar a 50% somando-se os efeitos da interferência direta e indireta (Bressanin et al., 2016). Os herbicidas disponíveis no mercado são incapazes de eliminar todos os fluxos de emergência com uma única intervenção. Requerem, portanto, programas complexos de manejo que envolvem de

3 a 4 intervenções com diferentes herbicidas, inclusive com aplicações aéreas em alguns casos.

As categorias complexo das Ipomoeas e Merremias (IPOSS + MRRSS), tiririca (CYPRO) e complexo de capim-colchão (DIGSS) têm peso 3. São plantas chave no processo decisório nas recomendações de tratamentos químicos e técnicas de manejo, mas o potencial de dano é pouco menor e a resolução é um pouco mais simples do que o grupo de plantas anteriormente apresentados com peso 4. Em experimentos de períodos de mato-competição com espécies de Ipomoea indicam que o dano quando em convivência plena com o canavial pode acarretar perdas na ordem de 46% (Silva et al., 2009) e o controle ineficiente apresenta grande potencial de prejuízo, seja por competição dos recursos do meio ou por promover entraves a colheita. As plantas daninhas deste grupo não perenizam nos canaviais e, além disso, existem herbicidas eficazes que em grande parte das situações podem eliminar ou minimizar os danos com apenas uma intervenção. Infestações com grande predominância de tiririca podem promover perdas de até 20% (Kuva et al., 2000). São espécies que exigem controle até o sombreamento das entre-linhas pelo dossel do canavial, pois seu desenvolvimento é suprimido nesta condição (Nemoto et al., 1995). Quando a tiririca, embora seja uma espécie perene de reprodução vegetativa, também há no mercado opções de herbicidas eficazes para o seu controle.

O complexo de capim-colchão é mais importante nos períodos iniciais de desenvolvimento e onde não há cobertura do solo com camada de palha, cana-planta e canaviais velhos. Após o fechamento do canavial as plantas que emergirem não mais interferirão na produtividade, tampouco no processo de colheita. Dentro do complexo existe a *D. nuda* que restringem as opções para controle, porém, existem moléculas que promovem controle satisfatórios, seja para aplicação em pré-emergência ou pós-emergência inicial de todo o complexo.

A categoria que engloba o complexo dos carurus é composta por plantas anuais que são mais danosas quando convive com cana-planta no início do desenvolvimento e em altíssimas densidades. Apresenta peso 1 na formação do índice de infestação pois não apresentam grande capacidade competitiva com canaviais e não é considerada espécie chave para cultura na tomada de decisão sobre os componentes

dos tratamentos químicos e que normalmente é controlada suficientemente pela maioria dos tratamentos químicos.

Os carregadores e margens de talhões são regiões onde o dossel do canavial exerce menor capacidade de sombreamento e ao se encerrar o período residual dos tratamentos químicos as plantas daninhas voltam a se estabelecer. A presença destas plantas nestas regiões, não apresentam grande potencial de redução de produtividade, porém contribuem para o enriquecimento do banco de sementes e representam potencial para disseminação para o interior dos talhões. Outro aspecto importante é que numa situação de incêndio favorecem o alastramento das chamas e dificultam a contenção. Por todos estes aspectos seu peso na formula é 2 e por se tratar de um complexo diversificado de plantas daninhas contribuem significativamente na formação dos índices.

Os indicadores, quando obtidos com periodicidade permitem uma análise da evolução temporal quanto aos resultados proporcionados pelos programas de controle de plantas daninhas. Permitem, ainda, medir o impacto de alterações nos programas de manejo, como por exemplo; adoção de novas tecnologias, introdução de novos tratamentos herbicidas, aumento ou redução de orçamentos, adequação de estruturas e mão-de-obra, alteração de equipe operacional, atuação de consultoria externa.

Na Figura 7 são apresentados índices de infestação geral (todos os cortes) de 9 usinas em quatro diferentes safras, 2016/17, 2017/18, 2018/19 e 2019/20. Analisando a evolução do índice geral ao longo das safras é possível identificar várias tendências; estabilidade em níveis altos de infestação (Usinas 2, 8 e 9), estabilidade em níveis baixos de infestação (Usinas 5, 6 e 7), instabilidade com variações bruscas para médias e baixas infestações (Usinas 1 e 4), reduções e aumentos gradativos.

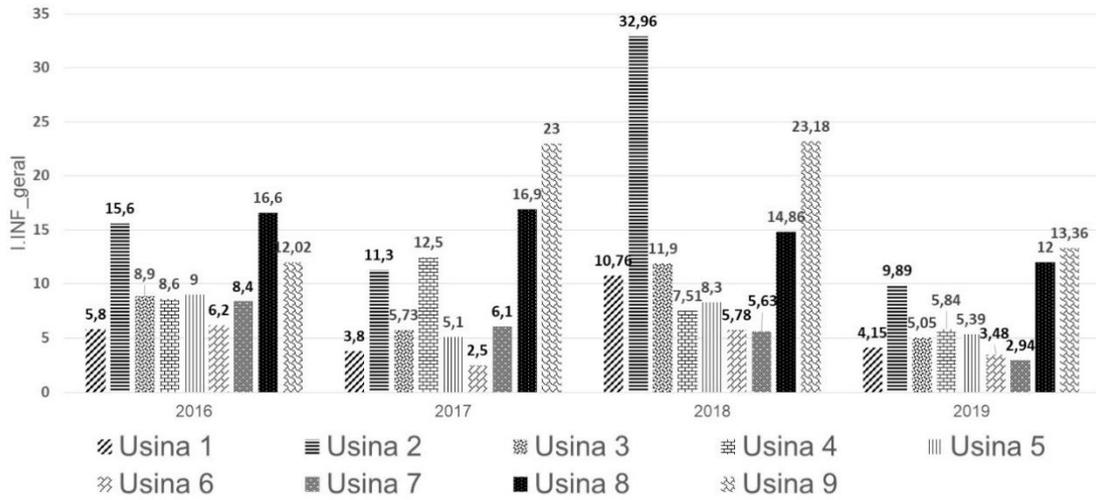


Figura 7. Evolução temporal dos índices de infestação geral, todos os cortes, entre 2016 e 2019 em nove usinas.

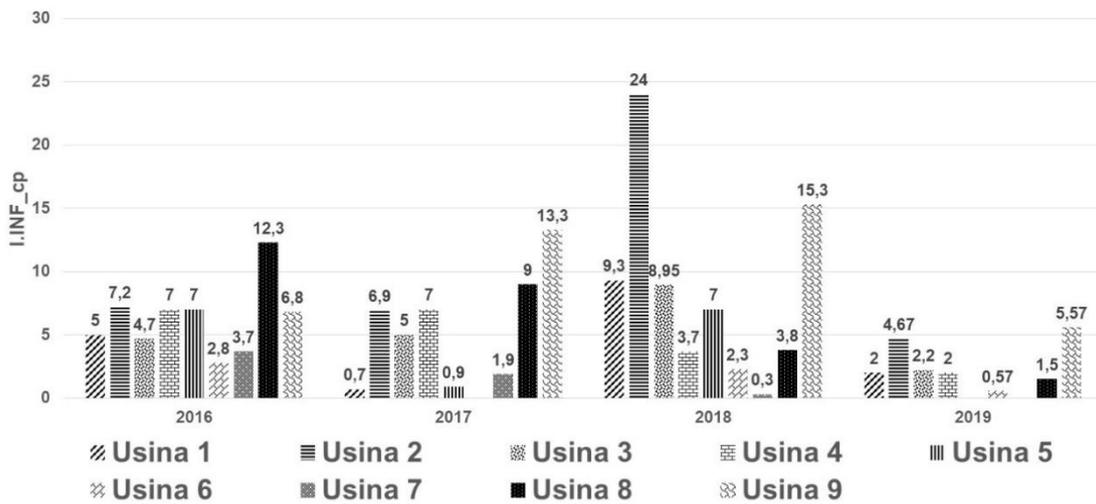


Figura 8. Evolução temporal dos índices de infestação em cana-planta entre 2016 e 2019 em nove usinas.

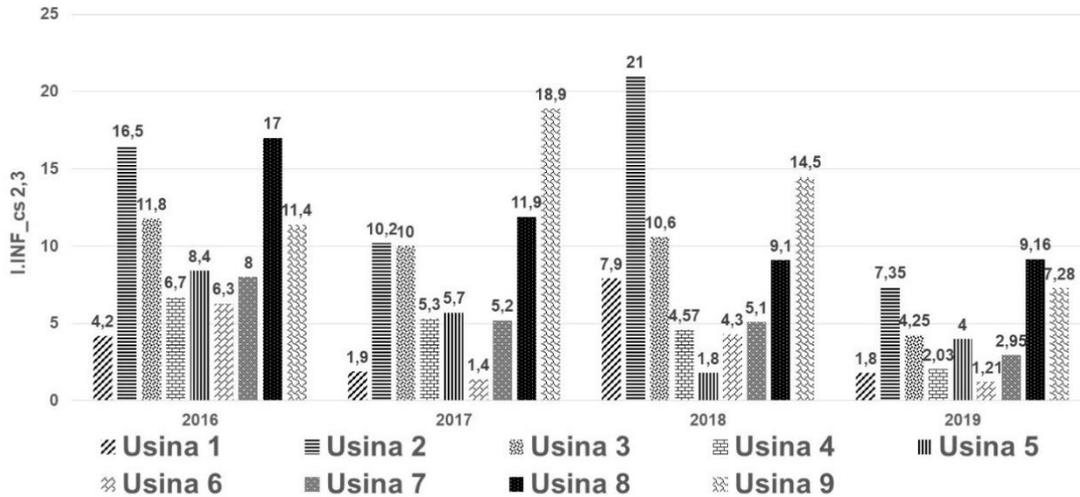


Figura 9. Evolução temporal dos índices de infestação em cana-soca 2 e 3 corte entre 2016 e 2019 em nove usinas

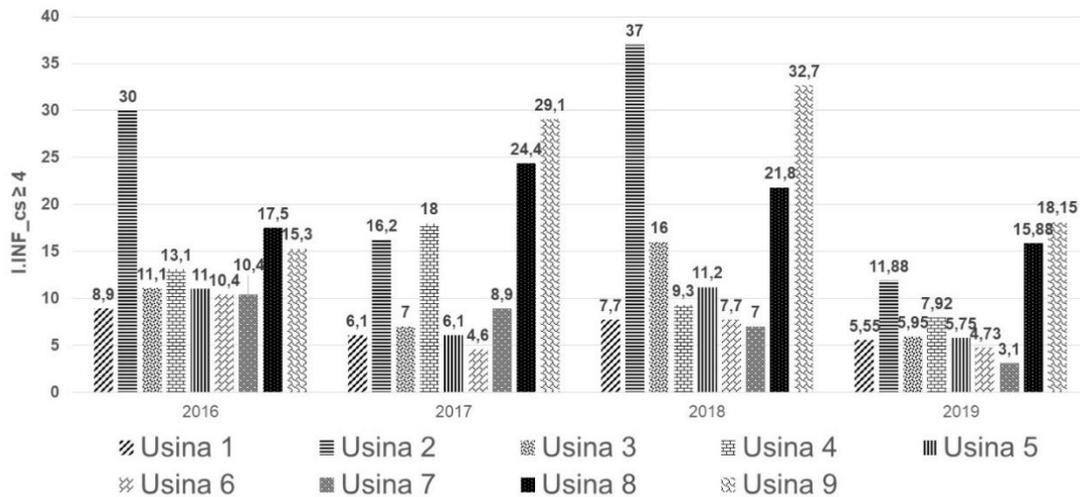


Figura 10. Evolução temporal dos índices de infestação em cana-soca maior ou igual a 4 corte entre 2016 e 2019 em nove usinas

Análises semelhantes podem ser realizadas para as diferentes categorias de idades de corte por meio das Figuras 8, 9 e 10. Esses diferentes padrões de tendências podem se explicados pelos programas de controle e suas variações anteriormente mencionados e também por influência de outros processos, dentre os quais; aumento ou redução do ritmo de renovação de canavial, entraves nas negociações de arrendamentos, mudanças na forma de preparo e sistematização das áreas, ocorrência e eficácia de controle de pragas de solo e touceiras. Somando-se a tudo isso, condições climáticas podem influenciar resultados dos diferentes anos. Baseado nos índices obtidos nestas quatro safras nas nove usinas uma primeira

categorização de níveis de infestação pode ser estabelecida, conforme proposta contida no Quadro 2.

Quadro 2. Categorização dos níveis de infestação geral de acordo com índices obtidos nas nove usinas nas quatro safras consecutiva.

Índice de infestação geral	Categoria
Menor que 5,0	Baixa infestação
5,1 a 10,0	Moderada infestação
10,1 a 15,0	Média infestação
15,0 a 20,0	Alta infestação
Maior ou igual a 21,0	Altíssima infestação

Pelos dados obtidos nas nove usinas nas quatro safras foi possível calcular indicadores de infestação geral e segmentado por diferentes categorias de corte. O gradiente do índice de infestação variou entre o 2,5 e 32,9 para o índice geral, entre 0,3 e 24 para cana-planta, entre 1,21 e 21 para cana-soca 2 e 3 e entre 3,1 e 37 para cana-soca maior ou igual a 4 cortes. Foi possível entender também a formação dos índices baseado na cobertura visual, a frequência e a relevância agrônômica das diferentes plantas ou grupo de plantas daninhas e carreadores e estabelecer uma primeira categorização do nível de infestação em canaviais. Ao longo das safras também foi possível identificar diferentes tendência de evolução temporal dos índices e discorrer sobre as principais causas que influenciam nessas flutuações.

5 CONCLUSÃO

Pelos resultados obtidos na elaboração dos dados pode-se concluir que o método pode ser utilizado para obtenção de indicadores do processo de controle de plantas daninhas em usina de açúcar e álcool. E por meio dos indicadores obtidos também foi possível caracterizar numericamente a entrega do processo de controle de plantas daninhas para o processos seguinte, a colheita.

Além disso, foi possível caracterizar o grau de infestação no início da safra para diferentes categorias de canaviais (cana-planta, soca nova e soca velha). Os indicadores permitiram apresentar diferentes unidades quanto a situação de plantas

daninhas no início da safra, por meio de uma mesma base de comparação (método). O gradiente do índice de infestação geral de plantas daninhas em usina varia entre valor mínimo próximo de 5 (benchmark) e valor máximo próximo de 33.

Foi possível, dentro de cada usina e ano, apontar quais plantas daninhas participam mais da comunidade infestante (sem peso agrônômico) e da formação do índice de infestação (com peso agrônômico).

REFERÊNCIAS

Bressanin FN et al. (2016) Períodos de interferência de mucuna-preta na cultura da cana-de-açúcar. **Cienc. Rural** 46(8):1329-1337.

Casagrande AA (1991) Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar. Jaboticabal: Funep, 157p.

Christoffoleti PJ, López-Ovejero RF (2005) **Dinâmica dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar**. São Paulo: Os Autores, 49 p.

Companhia Nacional de Abastecimento - Conab. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. Brasília: Conab, 2018.

Fagliari JR, Oliveira JR, Constantin J (2001) Métodos de avaliação da seletividade de herbicidas para a cultura da cana-de-açúcar. **Acta Sci.** 23(5):1229–1234.

Gomes EG, Mangabeira JAC, Mello JCCBS (2005). Análise de envoltória de dados para avaliação de eficiência e caracterização de tipologias em agricultura: um estudo de caso. **Rev. Econ. Sociol. Rural** vol.43 no.4

Falconi V (2013) Gerenciamento da rotina do trabalho do dia a dia. 9. ed. Nova Lima: Falconi Editora.

Kuva MA, Pitelli RA, Christoffoleti PJ, Alves PLCA (2000) Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. I – Tiririca. **Planta Daninha** 18(2):241-251.

Kuva MA et al. (2001) Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. II – Capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha** 19(3):323-330.

Kuva MA, Gravena R, Pitelli RA, Christoffoleti PJ, Alves PLCA (2003) Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. III – Capim-braquiária (*Brachiariadecumbens*) e Capim-colonião (*Panicum maximum*). **Planta Daninha** 21(1):37-44.

Kuva MA et al. (2007) Fitossociologia de comunidades de plantas daninhas em agroecossistema cana-crua. **Planta Daninha** 25(3):501-511.

Kuva MA et al. (2008) Weed plant infestation patterns in raw sugarcane agricultural systems. **Planta daninha** 26(3).

Lorenzi H (1995) Plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar: plantas daninhas na lavoura do nordeste brasileiro. In: IV ENCONTRO TÉCNICO GOAL CANA-DE-AÇÚCAR, **Anais...** Recife: COPERSUCAR, p. 50-58.

Meirelles GLS, Alves PLCA, Nepomuceno MP (2009) Determinação dos períodos de convivência da cana-soca com plantas daninhas. **Planta Daninha** 27(1):67-73.

Montório GA, Braccini AL, Scapim CA, Oliveira VR, Braccini MCL (1997) Avaliação de métodos para superação da dormência das sementes de capim Braquiária (*Brachiaria brizantha* cv. 'Marandu'). **UNIMAR** 19(3):797-809.

Nemoto K, Morita S, Baba T (1995) Shoot and root development in rice related to the phyllochron. **Crop Science** 35:24-29.

Oliveira Júnior RS (2011) Mecanismos de ação de herbicidas. In.: Oliveira Júnior RS, Constantin J, Inoue MH. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax Editora, p.141-192.

Pitelli RA, Durigan JC (1985) Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Inf. Agropec.** 11(129):16-27.

Pitelli RA (2000) Estudos fitossociológicos em comunidades infestantes de agroecossistemas. **J. Conserb.** 1(2): 1-7.

Piza CST, Nepomuceno MP, Alves PLCA (2016) Period prior to interference of morning glory in sugarcane. **Científica** 44:543-548.

Procópio SO, Silva AA, Vargas L (2004) Manejo e controle de plantas daninhas em cana-de-açúcar. In: Vargas L, Roman ES (eds.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, p. 397-452.

Silva IAB et al. (2009) Interferência de uma comunidade de plantas daninhas com predominância de *Ipomoea hederifolia* na cana-soca. **Planta Daninha** 27(2):265-272.

Silva FJC, Campos, AP, Caramelo, AD, Moreira, WMQ (2017) Avaliação de índices fitossociológicos de plantas daninhas em solos com três diferentes texturas na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Fafibe On-Line** 10(1).

Smit MA, Singels A (2006) The response of sugarcane canopy development to water stress. **Field Crops Research** 98:91-97.

Soares MBB (2011) Fitossociologia de plantas daninhas sob diferentes sistemas de manejo de solo em áreas de reforma de cana-crua. **Revista Agro@ambiente** 5(3):173-181.

Uehara N, Sasaki N, Aoki N, Ohsug R (2009) Effects of the temperature lowered in the daytime and night-time on sugar accumulation in sugarcane. **Plant production Science** 12(4):420-427.