

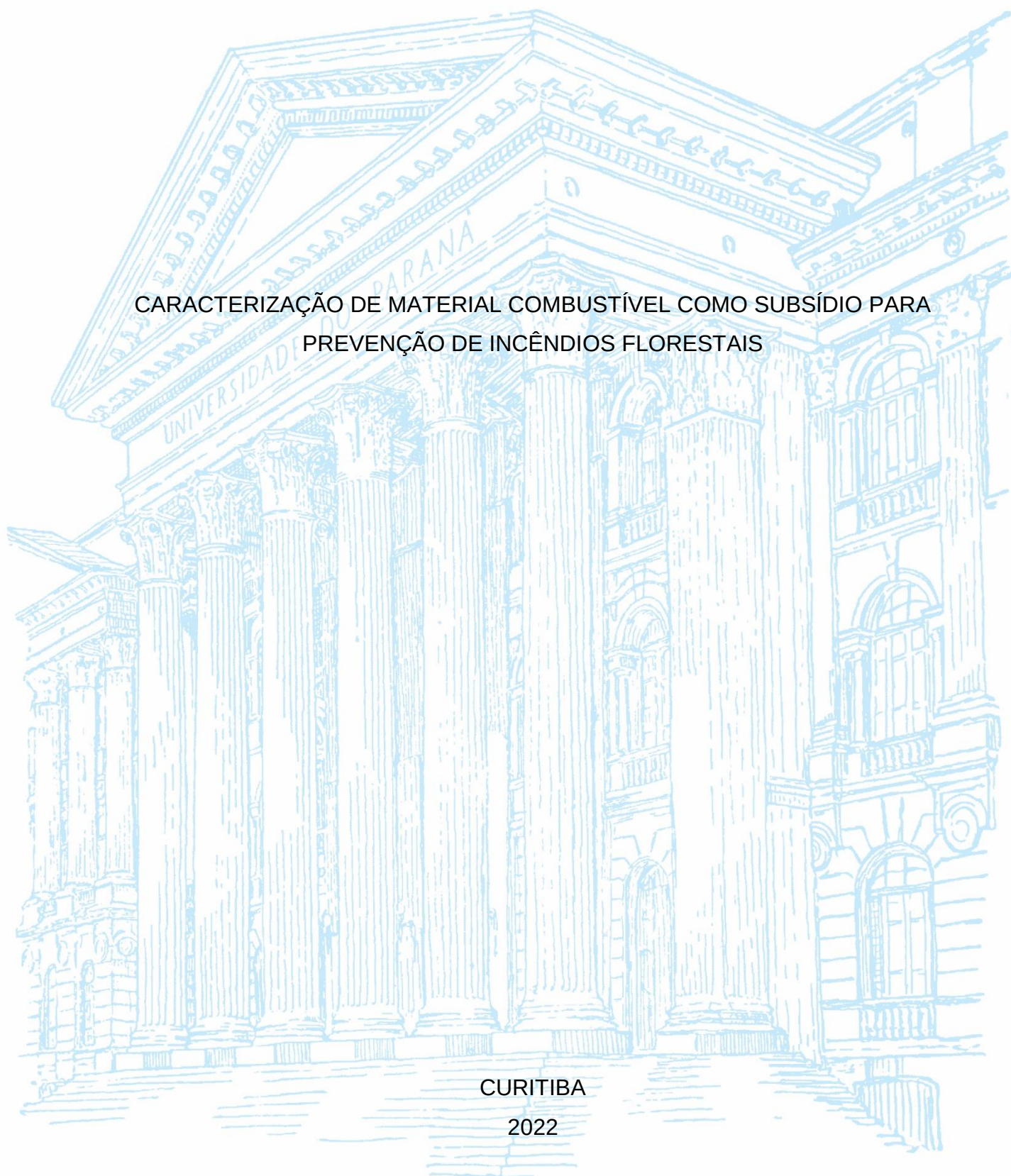
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ERNANDES APARECIDO SARAIVA

CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAL COMBUSTÍVEL COMO SUBSÍDIO PARA
PREVENÇÃO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS

CURITIBA

2022



ERNANDES APARECIDO SARAIVA

CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAL COMBUSTÍVEL COMO SUBSÍDIO PARA
PREVENÇÃO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos Batista

CURITIBA

2022

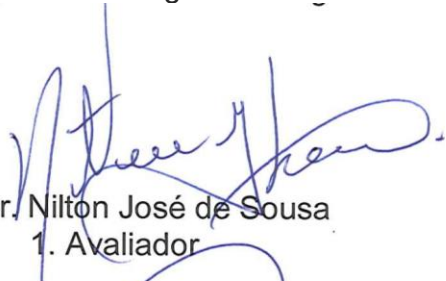


MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

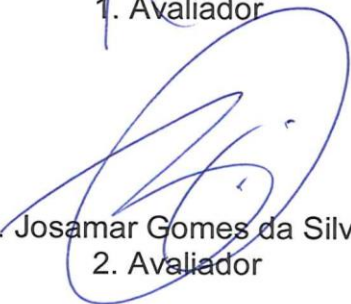
PARECER

Defesa nº 307

A Banca Examinadora, instituída pelo Colegiado do Curso de Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir **Ernandes Aparecido Saraiva** em relação ao seu Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **Caracterização de material combustível como subsídio para prevenção de incêndios florestais**, é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** na Disciplina ENGF010 - Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Florestal, condicionada a entrega da versão final corrigida.



Prof. Dr. Nilton José de Sousa
1. Avaliador



Prof. Dr. Josamar Gomes da Silva Junior
2. Avaliador



Prof. Dr. Antônio Carlos Batista
Orientador - Presidente da Banca

Curitiba, 15 de setembro de 2022.



Prof. Dr. Allan Libanio Pelissari
Vice-Coordenador do Curso de Engenharia Florestal em exercício

À minha família, essencial em toda conquista!

AGRADECIMENTOS

O velho pai nos dizia: “sempre agradeça aos que estiveram em suas conquistas, todos lhe acrescentam crescimento, inclusive os que lutam contra”. Provável que minha mente quase sexagenária venha a esquecer de algumas citações, mas é imprescindível agradecer, primeiramente à Deus, que tudo provê e tudo permite. Aos grandes amigos, idealizadores e incentivadores desta conquista: Celso da secretaria do curso. Reinaldinho e o Davi da secretaria da pós-graduação. Ao Professor Umberto Klock, supremacia na coordenação, zero de burocracia e mil em facilitar fases. Ao amigo, incentivador e colaborador de sempre, Professor Batista. Como diria o saudoso Professor José Renato: “Batistinha é muito gente boa”, obrigado Veíinho! Pelos excelentes ensinamentos dos professores: Romano, Júlio Arce, Jorge Matos, Ricardo Klitzke, Nilton, Giovana, Ana Paula, Christopher, Rosilani, Roman Carlos, e porque não aos mínimos, displicentes e relapsos conteúdos de agrossilvicultura, hidrologia e rad. Gratidão por ensinarem como deve ser, e como não pode ser. Aos colegas de curso, em especial ao Maikon Gabriel Pedro, João Victor Ferreira e Lucas Baraldi, muitas contribuições. Obrigado!

“Perder para a razão, sempre é ganhar”

ALDO NOVAK

RESUMO

Os incêndios figuram entre as maiores ameaças às florestas nativas ou plantadas e subsídios às ações preventivas que agilizam as ações de combate e minimizam os danos são de grande importância. Nos cultivos de cana-de-açúcar é comum o uso do fogo para remoção do material seco como facilitar da colheita manual, e grandes áreas do cultivo se localizam às margens de rodovias e de áreas urbanas, aumentando significativamente o risco de incêndios devido aos fatores antrópicos e por conter grande quantidade de material seco, arejado e de pequenas dimensões. No mosaico diversificado dos cultivos, é comum em regiões de grande produção da cana-de-açúcar, seu cultivo situar nas proximidades e até nos limites de reservas legais, áreas de proteção ambiental e de reflorestamentos, aumentando significativamente a probabilidade da ocorrência indesejada de incêndios florestais. Neste contexto se contempla a proposta deste trabalho, realizado na região central do estado de São Paulo e maior produtora de cana-de-açúcar do país. Obter subsídios para a prevenção de incêndios florestais com a classificação e quantificação do material combustível disponível e consumido nas queimadas de cana-de-açúcar. Utilizando-se do método de amostra sistemática estratificada, nos talhões de cultivo de cana foram coletadas amostras de um metro quadrado ($1m^2$) de material seco e verde, antes e após a queima, no início e no final do período seco e de elevado grau de perigo de incêndios, obtendo-se peso de material total, bem como separando-se sub amostras para determinações laboratoriais. Obteve-se média de 9,52 ton/ha de material seco consumido, teor de umidade médio de 14,66% e material seco classificado como de localização superficial, de arranjo horizontal e perigoso. Obteve-se ainda a correlação entre a quantidade de material seco consumido na queima e a quantidade de cana-de-açúcar industrializada na proporção de uma para nove toneladas (1:9). Conhecendo-se a quantidade de material seco consumido na queima da cana-de-açúcar, obtém-se dados preliminares para a determinação da quantidade de gases nocivos que deixam de ser liberados na atmosfera com a utilização da colheita mecanizada sem o uso de queimadas.

Palavras-chave: Material combustível; cana-de-açúcar; incêndios florestais

ABSTRACT

Fires are among the greatest threats to native or planted forests and subsidies for preventive actions that speed up combat actions and minimize damage are of great importance. In sugarcane crops, it is common to use fire to remove dry material to facilitate manual harvesting, and large areas of cultivation are located on the edges of highways and urban areas, significantly increasing the risk of fires due to the factors anthropic and because it contains a large amount of dry, airy and small-sized material. In the diversified mosaic of crops, it is common in regions with high sugarcane production, for its cultivation to be located near and even on the borders of legal reserves, environmental protection and reforestation areas, significantly increasing the probability of the unwanted occurrence of forest fires. In this context, the proposal of this work is contemplated, carried out in the central region of the state of São Paulo and the largest producer of sugarcane in the country. Obtain subsidies for the prevention of forest fires with the classification and quantification of the combustible material available and consumed in the burning of sugarcane. Using the stratified systematic random sampling method, samples of one square meter (1m²) of dry and green material were collected in the sugarcane plantations, before and after burning, at the beginning and at the end of the dry season and fire index high. The weight of the total material was obtained and subsamples were separated for laboratory determinations. An average of 9.52 ton/ha of dry material consumed was obtained, an average moisture content of 14.66% and dry material classified as superficial, horizontal arrangement and hazardous in terms of hazard. A correlation was also obtained between the amount of dry material consumed in the burning and the amount of industrialized sugarcane in the proportion of one to nine tons (1:9). Knowing the amount of dry material consumed in the burning of sugarcane, preliminary data are obtained to determine the amount of harmful gases that are no longer released into the atmosphere with the use of mechanized harvesting without the use of burning.

Keywords: forest fuel; sugar cane; forest fires

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Arranjo das plantações de cana-de-açúcar	17
FIGURA 2 – Pirâmide do Fogo.....	18
FIGURA 3 – Diagrama de Classificação do Combustível	19
FIGURA 4 – MAPA COMPOSTO DA LOCALIZAÇÃO	26
FIGURA 5 – MÉDIA MENSAL DE PRECIPITAÇÃO E NDSC DE 1981 A 2009 - BAURU	27
FIGURA 6 – (a) COLETA DE MATERIAL SECO (b) PESAGEM D MATERIAL DA AMOSTRA	29
FIGURA 7 – (a) COLETA NA TOUCEIRRA PRÉ-QUEIMA (b) COLETA NA TOUCEIRA PÓS-QUEIMA.....	30
FIGURA 8 – (a) COLETA MEIO TOUCEIRRA- MEIO RUA PRÉ-QUEIMA (b) COLETA MEIO TOUCEIRRA- MEIO RUA PÓS-QUEIMA.....	30
FIGURA 9 – (a) COLETA RUA PRÉ-QUEIMA (b) COLETA RUA PÓS-QUEIMA.....	31
FIGURA 10 – (a) e (b) CHAMAS DAS QUEIMADAS DE CANA-DE-AÇÚCAR.....	31
FIGURA 11 – (a) e (b) RESULTADO DA QUEIMA DO MATERIAL SECO NA FASE EXTREMA.....	36

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – DADOS DAS COLETAS DE MATERIAL SECO DA “FASE INICIAL” ...	34
TABELA 2 – DADOS DAS COLETAS DE MATERIAL SECO DA “FASE EXTREMA”	35
TABELA 3 – VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS DA DINÂMICA DO COMPORTAMENTO DO FOGO.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

APP	Área de Proteção Permanente
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CV	Coeficiente de Variação
GPS	Global Positioning System
NDSC	Número de Dias Sem Chuva
SIGAM	Sistema Integrado de Gestão Ambiental
UBG	Usina Barra Grande
UNICA	União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Bioenergia

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 JUSTIFICATIVA	13
1.2 OBJETIVO GERAL	14
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.4 METODOLOGIA.....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 CANA-DE-AÇÚCAR.....	15
2.2 MATERIAL COMBUSTÍVEL.....	18
2.3 INCÊNDIOS FLORESTAIS	22
2.4 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS	23
2.4.1 Radiação Solar	23
2.4.2 Umidade Relativa do Ar Solar	24
2.4.3 Precipitação.....	24
3 MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	26
3.2 CLIMA DA REGIÃO	26
3.3 AMOSTRAGEM DO MATERIAL COMBUSTÍVEL.....	28
3.4 TEOR DE UMIDADE E QUANTIFICAÇÃO DO MATERIAL COMBUSTÍVEL	32
3.5 MATERIAL/EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.....	32
4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	34
4.1 QUANTIFICAÇÃO DO MATERIAL COMBUSTÍVEL	34
4.2 CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL COMBUSTÍVEL.....	37
4.3 VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS	37
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
REFERÊNCIAS.....	40

1 INTRODUÇÃO

As florestas, nativas ou plantadas, estão sob constantes ameaças antrópicas e naturais como a ocorrência pragas, doenças e intempéries climáticas, em algumas situações a ação humana somada as condições do clima podem ser muito danosas, como é o caso dos incêndios florestais. Neste cenário, subsídios às ações preventivas agilizam as ações de combate a ocorrência do fogo, minimizando os inevitáveis danos causados pelos incêndios florestais.

O alto custo de investimento e de operação, possibilita apenas que às grandes empresas a mantenham redes de torres de vigilância ou investimentos em novas tecnologias de monitoramento. Assim, a maioria das empresas, áreas rurais, bem como as unidades de conservação, com raríssimas exceções, não possuem estruturas de monitoramento e controle, tendo seus eventos de incêndio detectados quando o combate tem alto grau de dificuldade devido à intensidade do fogo.

No mosaico dos cultivos em geral, figura-se com demasiada frequência cultivos de cana-de-açúcar nas proximidades e até em limítrofes com reservas legais, áreas de preservação permanente (APP), e reflorestamentos e centros urbanos. A ocorrência destas plantações no entorno das áreas citadas torna-as mais suscetíveis a ocorrência de incêndios florestais, tendo em vista o arranjo e o tipo de material combustível disponível nas plantações de cana, este arranjo natural aliado ao aumento do risco de incêndios por consequência dos fatores antrópicos torna as plantações de cana-de-açúcar zonas de risco para todos os ecossistemas onde estão inseridas.

Por estas e outras razões o estudar e caracterizar o material combustível disponível e consumido pelo fogo nos cultivos de cana-de-açúcar é de importância como subsídio na prevenção de incêndios em florestas próximas a estes cultivos.

1.1 JUSTIFICATIVA

O conhecimento do arranjo estrutural, disponibilização real e da periculosidade de todo o material combustível queimado nos talhões de cana, agrega informações relevantes ao monitoramento preventivo de incêndios florestais, e do adequado planejamento de disponibilização de equipamentos e de equipes de combate à possíveis incêndios em florestas localizadas nas proximidades dos cultivos de cana.

1.2 OBJETIVO GERAL

Obter informações para o subsídio de programas e ações preventivas de incêndios florestais em áreas próximas a canaviais.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Classificar o arranjo, a disposição e a periculosidade do material combustível dos cultivos de cana-de-açúcar;
- ✓ Conhecer a quantidade de material combustível disponível e consumido em queimadas nos plantios de cana-de-açúcar;
- ✓ Conhecer o percentual médio de material combustível seco consumido nas queimadas nos cultivos de cana-de-açúcar;
- ✓ Relacionar a quantidade de material combustível consumido nas queimadas com a quantidade de cana-de-açúcar processada na usina;
- ✓ Obter dados preliminares para a quantificação de gases nocivos não lançados na atmosfera com a mecanização da colheita da cana-de-açúcar.

1.4 METODOLOGIA

A coleta de dados se deu pelo método de amostra sistemática estratificada, contemplando os três extratos de alocação do material combustível disponível nos plantios de cana-de-açúcar. Coletou-se amostras do material, nas “touceiras” do plantio, nas “entre linhas” do plantio e nos “meio touceira-meio linha”, garantindo a representatividade de cada grupo na amostragem de ambos os tipos de material, o seco e o verde. O ponto inicial de coleta em cada talhão deu-se de forma aleatória e a sistemática de coleta das amostras subsequentes deu-se com a contagem de cinquenta passos na direção longitudinal do talhão. Os procedimentos de coleta se deram em dois períodos distintos, no mês de maio, início da estação seca na região dos estudos, denominado como “fase inicial”, e no mês de agosto, final do período de estiagem e de altos índices de perigo de incêndio, denominado como “fase extrema”.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Dentre os assuntos relacionadas com este estudo, procurou-se apresentar de forma compacta, embasamento aos tópicos considerados relevantes, destacando aspectos pertinentes à quantificação e classificação de material combustível.

2.1 CANA-DE-AÇÚCAR

O Setor sucroenergético apresenta grande importância na economia nacional, contribuindo de forma expressiva na geração de divisas. Dentre os fatores agronômicos que podem ser manejados na busca de maior produtividade destaca-se o desenvolvimento de novas variedades de cana-de-açúcar, descritas por suas características morfológicas e agroindustriais. As colheitas anuais e rebrota fazem com que a cana-de-açúcar seja considerada semi-perene, com desenvolvimento radicular diferenciado no período da colheita (CASAGRANDE, 1991¹, *apud* RODRIGUES, 2009). A cana-de-açúcar tem recebido cada vez mais destaque no cenário mundial por ser matéria prima de grande eficiência na produção de biocombustível e consequente mitigação da intensificação do efeito estufa.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2009², *apud* MELLO *et al.*, 2010), o estado de São Paulo foi responsável por quase 56% da área de cana-de-açúcar cultivada no Brasil na safra 2009. Entretanto, apesar do elevado nível tecnológico adotado no cultivo dessa cultura, a colheita ainda é efetuada, em grande parte, de forma manual, requerendo que seja feita a queima da palha na pré-colheita, o que contribui com o aumento da poluição atmosférica e consequentes prejuízos à saúde pública (ZUURBIER e VOOREN, 2008³, *apud* MELLO *et al.* 2010).

Galvão, Formaggio e Tisot (2005) citam que no Brasil, assim como em outros países, a busca de novas variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum sp.*) tem sido

¹ CASAGRANDE, A. A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana -de-açúcar**. Jaboticabal: FUNEP, 1991. 157p.

² INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Levantamento sistemático da produção agrícola - Dezembro de 2009**. v. 21, n. 12, Rio de Janeiro-RJ: IBGE, 2009. 80p. (ISSN 0103-443X)

³ ZUURBIER, P.; VAN DE VOOREN, J., (Eds.). **Sugarcane ethanol: contributions to climate change mitigation and the environment**. Wageningen, Netherlands: Wageningen Academic Publishers, 256 p. 2008.

contínua, objetivando aumento da produtividade com maior resistência às pragas e melhor adaptação às variações de clima e tipos de solos. Esta cultura agrícola possibilita a produção de açúcar e de álcool, sendo importante fonte de energia renovável, aspecto relevante quanto à questão de sustentabilidade ambiental.

A indústria da cana no Brasil mantém o maior sistema de produção de energia comercial de biomassa do mundo por meio do etanol (que substitui cerca de 40% da gasolina) e do uso quase total do bagaço (equivalente a 11 milhões de toneladas de óleo) como combustível (MACEDO, 2005). Em todo o Estado de São Paulo, 56% da energia consumida vem de fontes renováveis, e 38% dessa energia vem da cana-de-açúcar. O uso do etanol de cana permitiu que São Paulo reduzisse a participação do petróleo na matriz energética estadual de 60% para 33% nos últimos 30 anos (GOLDEMBERG et al., 2008).

Na safra de 2020/21 a moagem de cana-de-açúcar no Brasil foi de 657.433 mil toneladas, sendo a região Norte-nordeste responsável por 7,9% e a região Centro-sul por 92,1% (UNICA, 2022). Pode-se notar que a região Centro-sul se destaca no cenário sucroenergético, mas apenas o estado de São Paulo é responsável por 54,22%, 63,42% e 44,32% da moagem, produção de açúcar e etanol respectivamente da produção brasileira (UNICA, 2022). Sendo assim este trabalho irá ter enfoque no Estado de São Paulo devido sua importância na produção de cana-de-açúcar e seus subprodutos em âmbito nacional. Devido à importância econômica e a grande área cultivada e empresas existente no setor sucroenergético, este setor se destaca na geração de empregos, sendo que na safra de 2018/19 foram gerados 2,4 milhões de empregos de forma indireta somando-se toda cadeia produtiva e, 744 mil empregos gerados diretamente pelo setor produtivo (UNICA, 2019).

Segundo Ferreira, Siqueira e Bergonso (2009) apesar do corte manual ser possível sem a queima da cana-de-açúcar, ela facilita o corte manual e a colheita. Porém, os trabalhadores são os mais afetados pela poluição da fuligem causada pelas queimadas, pois nesta fumaça possui mais de setenta produtos químicos.

Na figura 1 pode-se observar o arranjo de duas variedades de cana, retratando de forma geral o arranjo das plantações que formam “paredes” de folhas secas sem compactação.

FIGURA 1 — Arranjo das plantações de cana-de-açúcar



Fonte: O autor (2022)

2.2 MATERIAL COMBUSTÍVEL

Para Batista, (1990) e Soares, (1985) combustível florestal é todo e qualquer material orgânico, vivo ou morto, no solo ou acima deste, suscetível de participação no processo de combustão. Vélez (2000) considera o combustível como fator prioritário e fundamental para o início e propagação dos incêndios e o conhecimento de suas particularidades se faz necessário para a correta estimativa do comportamento do fogo.

De acordo com Vélez (2000) é dos combustíveis que dependem, mais do que qualquer outro fator, o início e a propagação do fogo, sendo que para estimar corretamente o comportamento de um incêndio o autor frisa a necessidade de se observar, com antecedência, as particularidades dos diversos combustíveis presentes em determinada região. O conhecimento dos diferentes combustíveis e suas interações com o ambiente, são fundamentais nos estudos que envolvem o comportamento do fogo.

Souza (2000) relata a importância que é dedicada ao material combustível, principalmente nas ações de prevenção e combate aos incêndios. Essa importância pode ser verificada em várias publicações entre elas Brown e Davis (1973); Soares (1985); Souza (2000) e Beutling (2005) onde é apresentada a pirâmide (Figura 2) como sendo a resultante da junção de três triângulos: 1 triângulo do Fogo (calor, oxigênio e combustível); 2 triângulo do Comportamento do Fogo (condições do tempo, topografia e material combustível); 3 triângulo do Regime de Fogo (agente de ignição, material combustível e condições para queimar.

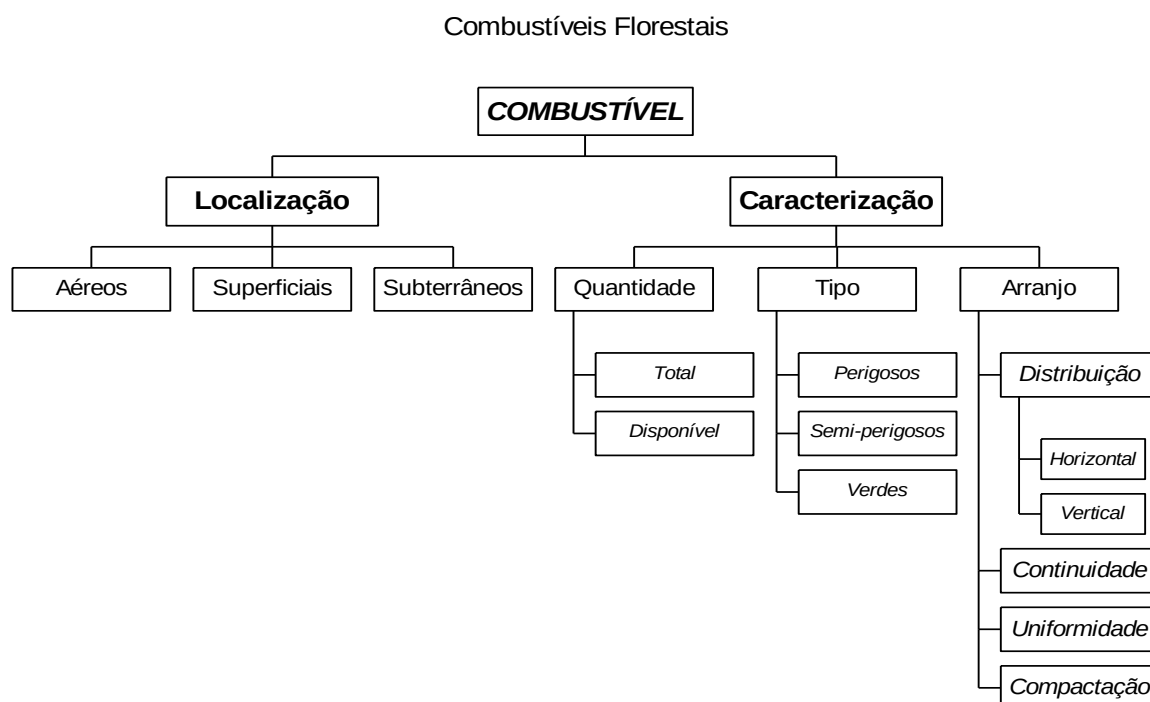
FIGURA 2 – Pirâmide do Fogo



Fonte: Beutling (2005)

De acordo com o diagrama da figura 3 proposto por Beutling (2005), a localização e as características dos combustíveis vegetais são, de uma forma geral, os principais fatores que regem o comportamento do fogo.

FIGURA 3 – Diagrama de Classificação do Combustível



Fonte: Beutling (2005).

Segundo Soares (1985), os combustíveis vegetais podem ser classificados em aéreos e superficiais. Os combustíveis aéreos correspondem àqueles que se encontram acima de 1,80 m de altura, compreendendo principalmente os galhos e as copas das árvores. Em ambos os casos, o material pode tanto estar seco (morto) quanto verde (vivo).

Batista (1990) menciona esta mesma divisão acrescentando os combustíveis de solo, sendo que nestes encontram-se todos os materiais combustíveis que estão abaixo da superfície da floresta, como húmus, raízes de árvores, madeira em decomposição, turfa, entre outros.

Rego e Botelho (1990) abordam a classificação dos combustíveis por estrato florestal e sua relação direta com os processos de propagação do fogo, citando a “manta morta” e o estrato herbáceo como os responsáveis pela ignição, propagação

horizontal e superficial do fogo; o estrato arbustivo como o responsável pelo desenvolvimento do fogo e pela transformação de um incêndio superficial em incêndio de copas; e por último, o estrato subterrâneo como o principal responsável por re-ignições tardias de um incêndio aparentemente extinto.

Soares (1985) classifica e caracteriza os tipos de combustíveis vegetais da seguinte forma:

Perigosos: são todos os materiais secos com diâmetro igual ou inferior a 1,0 centímetro; constituem-se de pequenos galhos, folhas, líquens, musgos e gramíneas. Esses materiais, por apresentarem menor temperatura de ignição, facilitam o início do fogo e aceleram a propagação, queimando-se rapidamente com muito calor e chamas intensas. Outra característica particular está no fato de que estes materiais perdem umidade de forma bastante rápida sendo, também, a principal matéria consumida pelo fogo.

Semi-perigosos: todos os materiais secos com diâmetro acima de 1,0 centímetro; constituem-se de galhos, troncos caídos, tocos, húmus e turfa. São, portanto, materiais lenhosos ou em decomposição e compactados, que por suas características queimam lentamente. Embora de ignição mais lenta e difícil, estes materiais desenvolvem intenso calor e podem manter-se em combustão latente, com risco de reativar incêndios dados como controlados.

Verdes: são constituídos pela vegetação viva existente na floresta. Devido ao alto teor de umidade, estes combustíveis podem ser considerados como não-inflamáveis, excetuando-se as coníferas resinosas. Entretanto, é importante mencionar o fato de que o calor liberado pela combustão de outros combustíveis pode secar estes materiais, tornando-os igualmente inflamáveis.

As características dos combustíveis florestais estão fortemente relacionadas com o perigo de incêndios. Segundo Brown e Davis (1973) o tipo, arranjo, quantidade, condição e localização, criam uma condição especial de ameaça de ignição.

A quantidade de combustível existente pode ser subdividida em total e disponível. Esta divisão decorre principalmente do fato de que nem todo combustível se encontra disponível para consumo pelo fogo. Segundo Rego e Botelho (1990) a

disponibilidade do material combustível pode alterar-se segundo a hora, a época do ano, o estrato, o tempo atmosférico, a vegetação e a intensidade do fogo.

O conjunto destes fatores e suas respectivas influências é que contribuem na disponibilização ou não, dos combustíveis para queima. O combustível *total* nada mais é que a soma de todo material existente na floresta. Este é medido pela carga ou peso do combustível seco por unidade de superfície (área), podendo ser expresso em kg/m², ton/ha, entre outras (REGO e BOTELHO,1990).

Segundo Soares (1985) a quantidade de combustível em uma floresta pode variar de centenas de quilos a dezenas de toneladas por hectare, dependendo do tipo, espaçamento e idade da vegetação. Cita ainda que é a quantidade de material combustível que determina a intensidade de calor liberada pelo fogo durante um incêndio, sendo esta muito importante na caracterização de outros fatores bastante relevantes do comportamento do fogo, dentre os quais, a propagação do mesmo na área atingida.

Rego e Botelho (1990) reiteram a afirmação acima citando que quanto maior a carga do combustível, maior é a intensidade da combustão. Tratando sobre tamanho e forma dos materiais combustíveis, afirmam esses autores que uma expressão das dimensões dos combustíveis é a denominada relação superfície/volume. Isto influencia diretamente sobre as características dos materiais combustíveis e, conseqüentemente, sobre o comportamento do fogo.

Batista (1990) e Soares (1985) relacionam e definem as seguintes características para o arranjo do material combustível:

Distribuição: pode ser entendido como a “posição” – vertical ou horizontal – que os combustíveis florestais ocupam dentro do estrato florestal. A distribuição vertical dos combustíveis, segundo Rego e Botelho (1990) possui grande importância na transformação, ou não, de incêndios superficiais em incêndios de copa. Isto porque a disposição vertical dos materiais combustíveis acaba formando a denominada “escada de fogo”, que possibilita as chamas alcançarem as copas das árvores. Exemplificando, é bastante comum verificar a existência de galhos secos e acículas presas a outros galhos ou no próprio tronco das árvores em povoamentos mal manejados de pinus. A ausência de podas ou desrama natural, ou até mesmo vestígios de desbastes ou desramas cujos restos não tenham sido removidos da superfície do povoamento (aumentando, assim, a altura do sub-bosque e,

consequentemente, o acesso do fogo às partes altas do estrato florestal) podem provocar incêndios de copa.

A distribuição horizontal dos combustíveis refere-se à deposição dos materiais sobre a superfície do solo, condicionada ao tipo de cobertura florestal, à estação do ano e às condições climáticas do local.

Continuidade: este item se refere à distribuição dos combustíveis sobre uma determinada área. Se a distribuição é uniforme e as partículas de combustível estão próximas umas das outras, o calor se transfere com facilidade e o incêndio se propaga normalmente. Havendo descontinuidade de combustível, causada por afloramento de rochas, solo exposto ou áreas alagadas, por exemplo, a propagação do fogo é dificultada ou, em certos casos, até mesmo interrompida (SOARES, 1985).

Uniformidade: relaciona-se ao fato de haver ou não, interrupção no material combustível afetando, evidentemente, a propagação das chamas na ocorrência de fogo ou incêndio (REGO; BOTELHO, 1990).

Compactação: refere à quantidade de combustível por unidade de volume, isto é, à proximidade das partículas de combustíveis, umas das outras, em relação à livre circulação de ar em torno das partículas, o espaçamento entre materiais combustíveis (REGO e BOTELHO, 1990). Quanto maior for a circulação do ar entre as partículas, maior será a quantidade de oxigênio fornecido para o processo de combustão, onde o resultado observado é a maior taxa de propagação das chamas. Uma menor quantidade de oxigênio, oriunda de uma maior compactação das partículas (menor circulação de ar), ocasiona menos calor e consequentemente uma taxa de propagação menor do fogo.

2.3 INCÊNDIOS FLORESTAIS

Os incêndios constituem-se na maior ameaça às florestas e demais formas de vegetação. Por mais eficiente que seja o sistema de prevenção, sempre ocorrerão incêndios nas áreas florestais e rurais, fazendo com que as ações de combate aos incêndios seja uma atividade constante.

Ramos (2004) afirma que, a partir da década de 60, a destruição das florestas tomou um rumo nunca antes experimentado. Aumentaram também as queimadas e os incêndios florestais, trazendo como resultado mais destruição da vegetação e os inconvenientes da poluição atmosférica. Além disso, as unidades de conservação ficaram mais vulneráveis aos incêndios florestais.

Os efeitos diretos da combustão no ecossistema são: a redução da matéria orgânica e a liberação de calor, nutrientes e produtos da combustão. Como resultado desses efeitos diretos, os impactos serão observados em maior ou menor proporção, dependendo da intensidade do fogo, nos diversos elementos do ecossistema, tais como: o solo, a vegetação, a fauna silvestre, o ar atmosférico entre outros (LIMA; BATISTA, 1993).

A destruição da vegetação é, visualmente, a consequência mais significativa da força do fogo. Dependendo de sua intensidade, a vegetação pode ser destruída totalmente ou ficar comprometida em seu crescimento e em outras características (SOARES; BATISTA, 2007).

Portanto o fogo controlado pode ser um instrumento útil na concretização de diversos objetivos de manejo, desde que utilizado após análise cuidadosa que indique segurança, eficiência, praticidade e baixo custo.

2.4 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

Segundo Brown e Davis (1973) o clima reflete os fenômenos meteorológicos que ocorrem em uma área em um determinado período de tempo e é expresso através de médias, totais, extremos e frequências para os fenômenos que ocorreram ou vierem a ocorrer. As condições do tempo podem variar diariamente devido a um grande número de fatores, sendo a rotação da terra, aliada a radiação solar responsável pela maioria.

2.4.1 Radiação Solar

Radiação é o processo pelo qual a terra recebe energia calorífica radiada pelo sol a uma temperatura de aproximadamente 6000 graus K. Ressalta-se que a radiação solar influi direta ou indiretamente em todas as demais variáveis

meteorológicas (VAREJÃO-SILVA e REIS, 1988; VIANELLO e ALVES, 1991; SOARES e BATISTA, 2004).

2.4.2 Umidade Relativa do Ar Solar

Umidade relativa é a razão, em porcentagem, entre a quantidade de umidade existente em um volume de ar e a quantidade total que este volume pode conter, sem se condensar, em uma dada temperatura e pressão atmosférica. A umidade atmosférica é um elemento chave nos incêndios florestais, tendo efeito direto na inflamabilidade dos combustíveis florestais, podendo inclusive afetar o conteúdo de umidade até do material verde durante períodos extremamente secos (SCHROEDER e BUCK, 1970; NAYA, 1984; SOARES, 1985).

2.4.3 Precipitação

Em consequência da dinâmica das massas de ar, ocorre a principal transferência de água da atmosfera para a superfície terrestre, a precipitação. Definida como toda água, em estado líquido ou sólido, proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície da terra, em sua forma mais comum, o estado líquido, a precipitação ocorre quando complexos fenômenos de aglutinação e crescimento de gotículas, em nuvens com presença significativa de umidade e núcleos de condensação, formam quantidade de gotas com tamanho e peso suficiente para que sua força supere a dos movimentos ascendentes do meio atmosférico. (SILVEIRA, 2000).

Basicamente, os elementos essenciais para a formação das chuvas são a umidade disponível no ar e o mecanismo que produza a condensação e a formação de gotas. Quando o processo de condensação conduz as gotas a determinada dimensão, precipitam-se em forma de chuva. Com dimensão da ordem de 9,0 mm e velocidade de queda da ordem 9 m/s, as gotas, mesmo se deformando e subdividindo-se em gotas menores, tem dimensões seis ordens de grandeza superiores às das gotículas de nuvens (LISBOA, 2005).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O conhecimento do arranjo estrutural, disponibilização real e da periculosidade de todo o material combustível queimado nos talhões de cana, agrega informações relevantes ao monitoramento preventivo de incêndios florestais e do adequado planejamento de disponibilização de equipamentos e de equipes de combate à possíveis incêndios em florestas das proximidades dos cultivos da cana.

Neste contexto, neste trabalho foram realizadas coletas de amostras do material seco e disponível em talhões de cultivo de cana-de-açúcar, antes e após a queima programada, visando a determinação e caracterização do material combustível nesse cultivo.

Adicionalmente, também foram coletadas amostras do material verde incluindo a própria cana-de-açúcar, que não é consumida pelo fogo, mantendo sua massa inalterada, os dados obtidos possibilitaram a criação de uma relação entre a quantidade de material seco consumido na queimada e a quantidade de material verde, bem como a determinação do volume de cana-de-açúcar, que é processada nas usinas.

De forma similar, conhecendo-se a quantidade de cana-de-açúcar processada nas usinas, possibilita-se estimar a quantidade de material seco consumido na queimada, fornecendo informações primárias a se conhecer a quantidade de gases nocivos liberados na atmosfera com a queima, bem como quantas toneladas destes gases nocivos deixam de poluir a atmosfera quando a colheita da cana for mecanizada e não se utilizar o método da queima como facilitador da colheita manual.

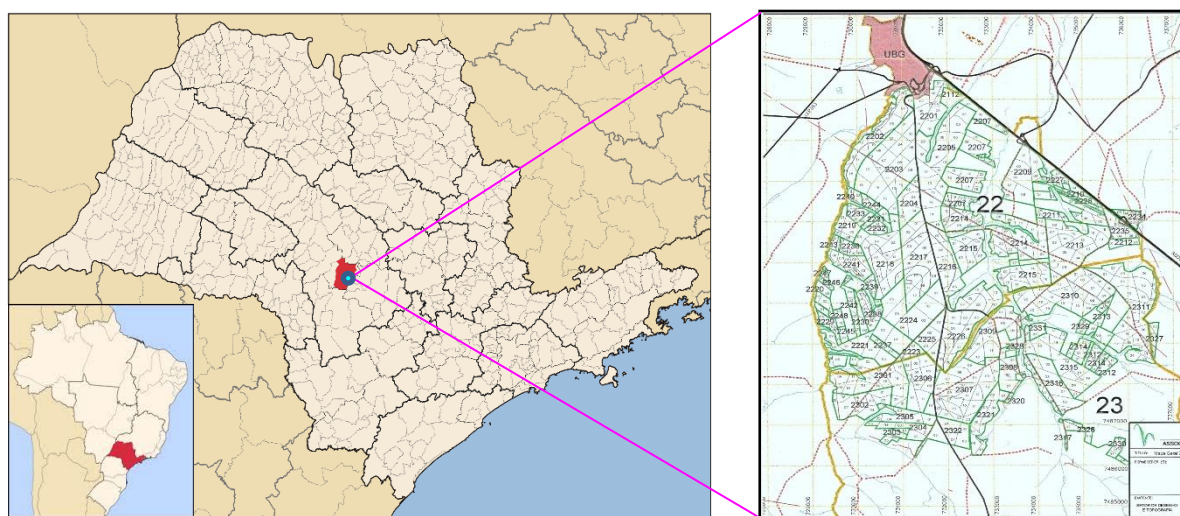
Neste contexto, elaborou-se um cronograma de atividades, com especial atenção ao período de coleta, da qualidade das coletas e da metodologia adequada de coleta dos dados de campo, consciente da devida e necessária relação direta entre estes aspectos e resultados consistentes.

O período dos maiores índices de perigo de incêndio da vegetação se dá no de baixa pluviometria e consequente seca, assim, definiu-se como o período ideal para as coletas das amostras em campo o do início e o do fim do período seco na região.

3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

As coletas das amostras de material combustível e acompanhamento das queimadas foram realizadas nas áreas de plantio de cana da empresa NT Cana, localizadas no município paulista de Lençóis Paulista (22° 35' S e 48° 48' W) com altitude média de 550 metros.

FIGURA 4 – MAPA COMPOSTO DA LOCALIZAÇÃO



FONTE: IBGE e NT Cana (2022)

3.2 CLIMA DA REGIÃO

Os eventos relacionados ao fogo sempre estarão diretamente relacionados com as condições climáticas, pois os parâmetros climatológicos exercem forte influência nos principais componentes da pirâmide do fogo, na umidade do ar, no teor de umidade do material combustível, nas condições para a ignição, no comportamento, evolução e propagação, bem como nas ações preventivas e de combate aos incêndios.

Neste contexto, é essencial se conhecer a climatologia da região de estudo, inclusive como fator determinante na definição do período correto para as coletas das amostras de campo, que ocorreram no início e final do período de estiagem e de baixos índices pluviométricos.

A CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) órgão competente não autoriza ou suspende as autorizações de queimas programadas nos

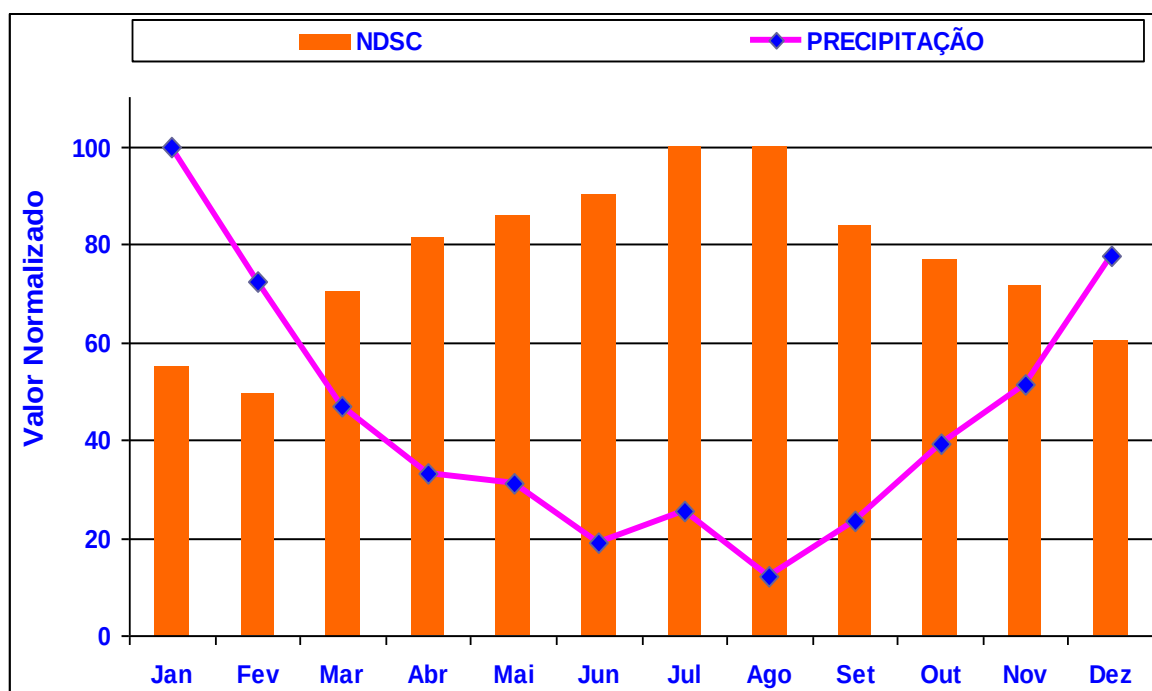
cultivos de cana-de-açúcar se a umidade do ar, por exemplo, atingir valores inferior a 20% ou velocidade do vento acima de 5m/s (SIMA Nº 032 - 2022).

A classificação climática proposta pelo climatologista russo W. Köppen em conjunto com o alemão R. Geiger para a região de estudos é: **Aw**, clima tropical com temperatura em todo o ano acima de 18°C e com estação mais seca no inverno de precipitação média inferior a 60mm, equivalente a menos de 4% da precipitação anual total (ALVARES, 2013).

Segundo Figueiredo e Paz (2010) a classificação proposta Köppen-Geiger não é adequada para a região, e embasado nas considerações de Thornthwaite (1948) e utilizando dados recuperados e interpolados entre estação meteorológica convencional e automática (atual), validaram um período de dados entre 1981 e 2009, apresentando nova classificação climática para a região como Úmido (B), Mesotérmico (B'), com moderada eficiência da umidade no inverno (s) e marcha anual da temperatura (b) concentrada em cerca de seis meses no ano (outubro-março), cuja fórmula climática é **BB'sb**.

A Figura 5, apresenta uma adaptação normalizada dos dados apresentados por Figueiredo e Paz (2010) correlacionando o NDSC (Número de Dias Sem Chuva) em porcentagem com a média mensal de precipitação no período de 1981 a 2009.

FIGURA 5 – MÉDIA MENSAL DE PRECIPITAÇÃO E NDSC DE 1981 A 2009 - BAURU



FONTE: O Figueiredo (2010). Adaptado pelo autor (2022).

As principais variáveis meteorológicas foram monitoradas e registradas durante os eventos pré-programados e autorizados de queima da palha de cana-de-açúcar nos talhões das prévias coletas de material combustível utilizadas neste estudo, como subsídio adicional na interpretação do comportamento do fogo nas queimadas acompanhadas.

3.3 AMOSTRAGEM DO MATERIAL COMBUSTÍVEL

As coletas foram realizadas em duas fases, a primeira denominada de “fase inicial”, a das coletas realizadas no início do período de seca na região, especificamente o mês de maio. A segunda fase, denominada de “fase extrema”, a das coletas realizadas no final do período de seca, com altos índices de perigo de incêndio, especificamente o mês de agosto.

A coleta de dados se deu pelo método de “Amostra Sistemática Estratificada” (CASTANHEIRA, 2013). “Sistemática” pois após a definição aleatória do primeiro ponto de coleta no talhão, os próximos pontos de coleta se deram de forma sistemática, contando-se cinquenta (50) passos do ponto da amostra coletada na direção longitudinal do talhão, e “Estratificada” por contemplar as três (3) possibilidades de alocação do material combustível dentro do plantio, coletando-se material das “touceiras” do plantio, material das “entre linhas” do plantio e material de “meio touceira-meio linha”, garantindo a representatividade dos grupos possíveis na amostragem de ambos os tipos de material coletado, o seco e o verde.

As queimas ocorreram sempre após as 20:00 horas e durante o período diurno, no talhão pré-programado para queima, coletou-se as amostras do material de antes da queima. Cabe ressaltar que caminhar dentro de lotes de cana-de-açúcar antes da queima, se dá de forma irregular e sinuosa, tanto pelas curvas de nível do cultivo, quanto pela barreira física apresentada pelo entrelaçamento da folhagem da cana, tendo que se esquivar e escolher o acesso possível até o ponto da próxima coleta.

Em ambas as fases, inicial e extrema, em cada ponto de coleta utilizou-se um gabarito metálico, separando e delimitando a amostra de 1m² do material combustível disponível dentro de uma linha imaginária projetada verticalmente a partir do solo, facilitando assim, a coleta de todo material contido dentro do volume imaginário projetado.

Todo o material coletado em cada amostra, seco e verde, foram pesados em sua totalidade (FIGURAS 6 (a) e (b)), e retirada uma sub-amostra que, após pesada, identificada e embalada em saco plástico duplo, foram encaminhadas ao laboratório de incêndios da Universidade Federal do Paraná para procedimentos laboratoriais.

FIGURA 6 – (a) COLETA DE MATERIAL SECO (b) PESAGEM D MATERIAL DA AMOSTRA



FONTE: O Autor (2022).

Tal procedimento repetiu-se para todas as cento e oito (108) amostras coletadas no estudo. Na “fase inicial”, nos seis (6) talhões designados coletou-se setenta e duas (72) amostras, sendo trinta e seis (36) amostras antes da queima e trinta e seis (36) amostras após a queima, divididas em dezoito amostras (18) de material seco e dezoito (18) de material verde. Na “fase extrema” coletou-se trinta e seis (36) amostras de material seco, sendo dezoito (18) antes e dezoito (18) após a queima.

As amostras pré-queima foram coletadas entre 14:00 e 17:00 horas e as amostras pós-queima foram coletadas na manhã do dia seguinte, entre 7:00 e 8:00 horas, antes do início do corte da cana, seguindo a mesma metodologia de determinação do ponto inicial e subsequentes de coleta das amostras pré-queima.

Nas Figuras 7 (a) e (b) apresenta-se coleta de amostra pré e pós queima do material disponível na “touceira”, assim como nas Figuras 8 (a) e (b) a coleta “meio-

touceira” e “meio-arruamento” e nas Figuras 9 (a) e (b) a coleta no “arruamento”, seguindo o procedimento estratificado adotado para as coletas.

FIGURA 7 – (a) COLETA NA TOUCEIRRA PRÉ-QUEIMA (b) COLETA NA TOUCEIRA PÓS-QUEIMA



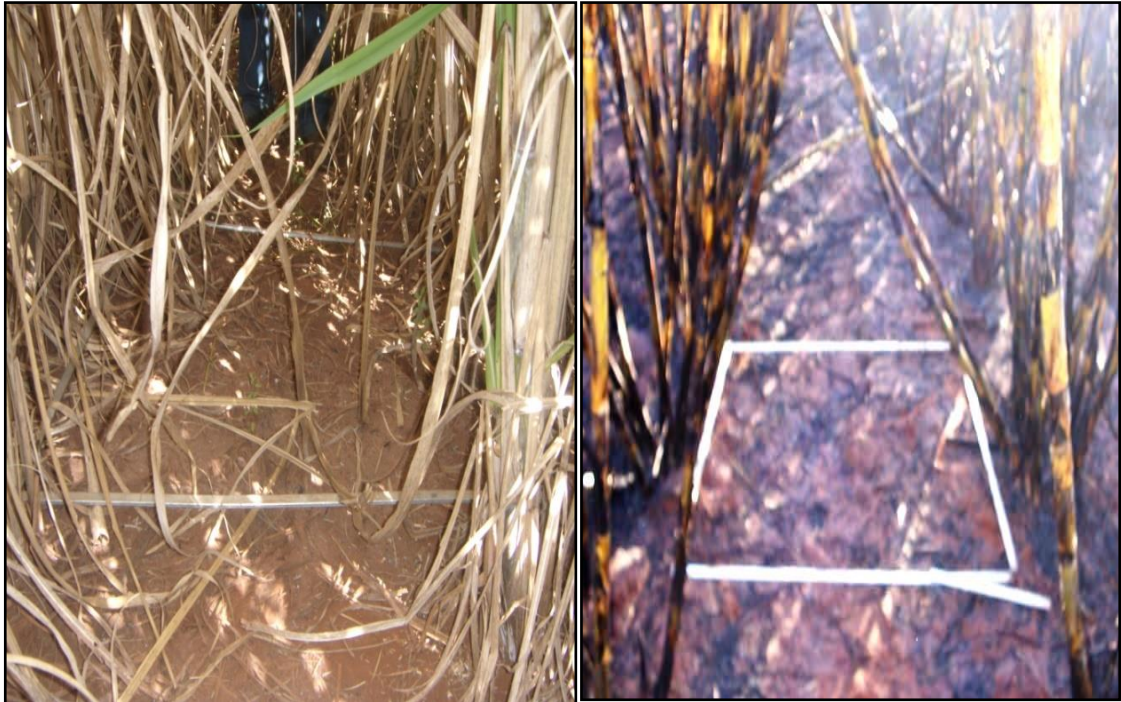
FONTE: O Autor (2022).

FIGURA 8 – (a) COLETA MEIO TOUCEIRRA- MEIO RUA PRÉ-QUEIMA (b) COLETA MEIO TOUCEIRRA- MEIO RUA PÓS-QUEIMA



FONTE: O Autor (2022).

FIGURA 9 – (a) COLETA RUA PRÉ-QUEIMA (b) COLETA RUA PÓS-QUEIMA



FONTE: O Autor (2022).

As Figuras 10 (a) e (b) ilustram as chamas das queimadas, que duram entre 10 a 35 minutos, variando em função do tamanho dos lotes e da velocidade do vento.

FIGURA 10 – (a) e (b) CHAMAS DAS QUEIMADAS DE CANA-DE-AÇÚCAR



FONTE: O Autor (2022).

3.4 TEOR DE UMIDADE E QUANTIFICAÇÃO DO MATERIAL COMBUSTÍVEL

As sub-amostras coletadas em campo tiveram suas massas conferidas em balança de precisão, em sequência imediata acondicionadas em embalagem de papel apropriado e colocadas em estufa à temperatura média de 65°C e a cada 24 horas obtinha-se suas massas até a total estabilização.

A determinação do teor de umidade de material combustível se dá em percentual (%) da diferença das massas inicial e final das amostras em relação à massa final, ou seja, a amostra coletada em campo, embora aparentemente seca, contém quantidade de água que é eliminada durante o processo de secagem na estufa até a estabilização total da massa.

Aplicando-se os valores das massas na fórmula 1.0, obteve-se o teor de umidade do material combustível.

$$U\% = (PU - PS) / PS * 100 \quad (1.0)$$

Onde:

U%	Teor de umidade do material combustível
PU	Peso do material úmido
PS	Peso do material seco.

A quantificação em toneladas por hectare (ton/ha) de todos os materiais combustíveis, disponível e consumido, verde e seco, se deram pela extrapolação da média das massas obtidas das amostras de um metro quadrado (1m²) para um hectare.

A quantidade de material combustível consumido se deu pela média das diferenças de massa entre o material disponível antes da queima e o material restante após a queima.

3.5 MATERIAL/EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

- Computadores desktop e *Laptop*;
- *Pendrives*;
- Equipamento de GPS Garmin;

- Câmera fotográfica digital;
- Estufa de secagem marca Solab, modelo SL100;
- Balança Ohaus, capacidade 2610g / precisão 0,1g;
- Balança Pesola, capacidade 5 kg / precisão 50g;
- Balança Pesola, capacidade 2500g / precisão 20g;
- Quadro metálico desmontável de 1m² (GABARITO);
- Facão canavieiro;
- Prancheta de anotações;
- Sacos plásticos de 20 kg para pesagem do material;
- Sacos plásticos 2kg para armazenagem das sub-amostras;
- *Software* Microsoft Office (Excel e Word);
- Óculos de proteção ocular;
- Boné de proteção com abas laterais;
- Botas de couro cano longo;
- Mochila de apoio lombar para transporte de equipamentos;
- Perneiras de proteção.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 QUANTIFICAÇÃO DO MATERIAL COMBUSTÍVEL

O material combustível verde, a cana-de-açúcar, coletados na “fase inicial” antes e após as queimadas, comprovaram que a queima da palha no cultivo de cana não altera sua massa, confirmando a prática de manejo deste cultivo, que planta a cana-de-açúcar para depois queimar no campo. Com tal constatação, na “fase extrema”, final do período seco, foram excluídas a coleta de amostras do material verde.

Com a alteração das coletas, das trinta e seis (36) coletas restantes, obteve-se material combustível somente de amostras coletadas antes da queima, as coletas após a queima foram frustradas por não restar qualquer vestígio de material seco a ser coletado, 100% do material seco disponível foram consumidos, reduzindo-se para dezoito (18) as coletas efetivas.

Nas tabelas 1 e 2 estão descritos os dados de material seco coletados nas fases “inicial” e “extrema”. As amostras da “fase inicial” se deram em talhões com área de 6,42; 15,11; 10,29; 4,86; 8,73 e 8,35 hectares, e na “fase extrema” 8,68; 5,56; 8,23; 5,81; 10,85 e 3,99 hectares, respectivamente.

TABELA 1 – DADOS DAS COLETAS DE MATERIAL SECO DA “FASE INICIAL”

AMOSTRA	TALHÃO (ha)	MASSA SECA (Ton/ha)		MATERIAL CONSUMIDO (%)	TEOR UMIDADE (%)
		DISPONÍVEL	CONSUMIDO		
1 – 3	6,42	10,49	9,65	91,99	17,83
4 – 6	15,11	9,88	8,64	87,45	26,19
7 – 9	10,29	13,74	12,22	88,94	23,09
10 – 12	4,86	11,22	9,25	82,41	15,49
13 – 15	8,73	10,92	10,51	86,38	20,85
16 – 18	8,35	12,74	12,08	84,84	22,35
MÉDIA	8,96	11,50	10,39	87,00	20,97
D. PADRÃO	3,25	1,33	1,36	3,02	3,50
C.V. (%)	36,27	11,57	13,09	3,47	16,69

FONTE: O autor (2022).

A média de tamanho dos talhões é 8,96 hectares, variou entre 4,86 ha e 15,11 ha, desvio padrão de 3,25 ha e CV de 36,27%. A média de massa seca disponível para queima foi de 11,5 ton/ha, variando de 9,88 a 13,74 ton/ha, CV de 11,57% e desvio padrão de 1,33 ton/ha. O material seco consumido variou de 8,64 a 12,22 ton/ha com média de 10,39 ton/há, desvio padrão de 1,36 ton/há e CV de 13,09%. O percentual médio de material seco consumido foi de 87%, CV de 3,47% e desvio padrão de 3,02%. O teor de umidade variou de 15,49% a 26,19%, média de 20,97%, desvio padrão de 3,5% e CV de 16,69%.

TABELA 2 – DADOS DAS COLETAS DE MATERIAL SECO DA “FASE EXTREMA”

AMOSTRA	TALHÃO (ha)	MASSA SECA (Ton/ha)		MATERIAL CONSUMIDO (%)	TEOR UMIDADE (%)
		DISPONÍVEL	CONSUMIDO		
19 – 21	8,68	7,95	7,95	100	8,07
22 – 24	5,56	9,18	9,18	100	8,21
25 – 27	8,23	8,49	8,49	100	8,24
28 – 30	5,81	9,02	9,02	100	9,06
31 – 33	10,85	8,53	8,53	100	8,73
34 – 36	3,99	8,7	8,7	100	7,8
MÉDIA	7,18	8,65	8,65	100,00	8,35
D. PADRÃO	2,29	0,40	0,40	0,00	0,42
C.V. (%)	31,89	4,62	4,62	0,00	5,03

FONTE: O autor (2022).

As amostras da “fase extrema”, período de alto grau de perigo de incêndio, apresentaram baixos valores de teor de umidade, com média de 8,35%, variando entre 7,80% e 9,06%, coeficiente de variação de 5,03% e desvio padrão de 0,42%. Nesta fase as queimadas eliminaram 100% do material seco, a massa seca disponível foi igual à da massa consumida, com média de 8,65 ton/ha, variando entre 7,95 ton/ha e 9,18 ton/ha, desvio padrão de 0,4 ton/há e CV de 4,62%. O tamanho dos talhões variou entre 3,99 ton/ha e 10,85 ton/ha, média de 7,18 ton/ha, desvio padrão de 2,29ha e CV de 31,89%.

Na figura 11 verifica-se o resultado de uma queima realizada na “fase extrema” com o grau de perigo de incêndio Muito Alto, onde todo o material seco disponível foi consumido, restando apenas cinzas.

FIGURA 11 – (a) e (b) RESULTADO DA QUEIMA DO MATERIAL SECO NA FASE EXTREMA



FONTE: O autor (2022).

Das amostras de material verde coletadas na “fase inicial, obteve-se valor médio extrapolado do produto cana-de-açúcar da ordem de 94,1 ton/ha, para 92,3 ton/ha reais, pesadas na entrada da colheita na usina de processamento, diferença inferior a 2,0%.

Adicionalmente, obtém-se a média de 94,1 toneladas de cana-de-açúcar para cada 11,5 toneladas de material combustível disponível seco por hectare de cultivo e de 10,39 toneladas de material combustível seco consumido, criando-se uma relação média aproximada de uma tonelada (1 ton) de material combustível seco disponível para cada oito virgula duas toneladas (8,2 ton) de cana-de-açúcar (1:8,2) processada, e de uma tonelada (1 ton) de material combustível seco consumido para cada nove toneladas (1:9) de cana-de-açúcar industrializada.

Relacionamento adicional pode ser apreciado da quantidade de cana processada na indústria que se obtém a quantidade de material combustível consumido nos plantios, a obtenção de dados preliminares para a criação da relação direta entre a quantidade de cana-de-açúcar processada e quantidade de gases poluentes que deixam de ser liberados na atmosfera quando se efetiva a colheita de forma mecanizada e sem a queima do material seco como manejo facilitador para a colheitas manuais.

4.2 CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL COMBUSTÍVEL

Na classificação dos materiais combustíveis vegetais, em especial os que compõem as florestas, denotam-se aspectos como tipo, arranjo, quantidade e localização como principais fatores observados na caracterização (BEUTLING, 2005; SOARES, BATISTA e NUNES, 2008). O material combustível disponível e seco nos plantios de cana-de-açúcar se caracterizam como:

Na localização: SUPERFICIAIS. (localizados abaixo de 1,8m de altura).

Na periculosidade: PERIGOSOS. (Composto por palhas, extremamente secas, e sua parte mais grossa de diâmetro inferior a 1,0 cm.

No Arranjo: HORIZONTAL. (Arranjados de forma contínua e sem compactação, que facilitam o início do fogo, aceleram a propagação e queimam extremamente rápido.

4.3 VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS

A Tabela 3 apresenta as principais variáveis meteorológicas observadas nos horários da realização das queimadas..

TABELA 3 – VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS DA DINÂMICA DO COMPORTAMENTO DO FOGO

AMOSTRA	HORÁRIO	UR (%)	TEMP (°C)	VENTO (m/s)
1 – 3	20:00	91,36	19,6	1,67
4 – 6	20:00	86,23	17,8	2,6
7 – 9	21:00	80,5	17,5	1,32
10 – 12	20:00	83,7	16,9	4,03
13 – 15	20:00	62,7	19	2,44
16 – 18	20:00	72,8	18,4	1,73
19 – 21	20:00	36,62	19	2,29
22 – 24	20:00	33,33	18,7	1,85
25 – 27	20:00	21,93	22,38	1,17
28 – 30	21:00	23,28	22,62	0,15
1 – 33	21:00	17,6	25,2	3,12
34 – 36	20:00	19,08	24,5	1,63

FONTE: O autor (2022).

As queimas são autorizadas a partir das 20:00 horas e dentro dos parâmetros meteorológicos permitidos, tendo a velocidade do vento, temperatura e teor de umidade relativa do ar as de atenção especial, devido a atuarem de forma direta na dinâmica e no comportamento do fogo e seu real controle diminuem as probabilidades de perda do necessário controle da queimada, sendo inclusive comum a suspensão da autorização de queima em função de alterações significativas nas variáveis meteorológicas

A região central do estado de São Paulo é caracterizada por altas temperaturas e baixa pluviometria nos meses de março à outubro, e embora as queimas ocorreram a partir das 20:00 horas, nota-se claramente maior teor de umidade na “fase inicial” do estudo (amostra de 1 – 18), com média de 79,5%, e na “fase extrema”, final do período de seca, registrou-se média de 25,3% de umidade relativa do ar, justificando o consumo total do material combustível disponível seco.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os resultados deste trabalho conclui-se que:

- i O material combustível da cana-de-açúcar é de localização superficial, de arranjo horizontal e na periculosidade perigoso;
- ii O material verde das plantações de cana-de-açúcar não é consumido e nem afetado pela queima do material seco;
- iii Em todo o período seco e de baixa pluviometria o material seco disponível nas plantações de cana-de-açúcar é consumido em mais de 90%
- iv A média de material seco disponível nos plantios de cana-de-açúcar foi de 9,52 ton/ha e o teor de umidade médio de 14,66%;
- v Para cada tonelada de material combustível seco consumido na queimada, são processadas nove (9) toneladas de cana-de-açúcar, relação de 1:9.
- vi A quantidade de material seco consumido nas queimadas por hectare, é dado preliminar para se determinar em estudos pertinentes a quantidade de gases nocivos não emitidos na atmosfera com a colheita mecanizada da cana-de-açúcar.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; de Moraes Gonçalves, J. L.; Sparovek, G. **Köppen's Climate Classification Map for Brazil**, *Meteorologische Zeitschrift*, vol. 22 nº 6 - 2013: 711–728. doi:[10.1127/0941-2948/2013/0507](https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507).
- BATISTA, A. C. **Incêndios florestais**. Recife: UFRPE, 1990. 115 p.
- BEUTLING, A. **Caracterização para Modelagem de Material Combustível Superficial em Reflorestamentos de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze**. Curitiba, 2005. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- BROWN, A.A.; DAVIS, K.P. **Forest Fire: control and use**. 2.ed. New York: McGraw Hill Book, 1973. 686p.
- CASTANHEIRA, N. P., **Estatística Aplicada a Todos os Níveis**. 1ª ed. Inter Saberes, 2013.
- FERREIRA, J. C.; SIQUEIRA, S. S.; BERGONSO, V. R. **Impactos Causados pela Fuligem da Cana-de-Açúcar**. 2009. Disponível em: <https://unisaesiano.com.br/> Acesso em 08/09/22.
- FIGUEIREDO, J. C. PAZ, R. S. **Nova Classificação Climática e o Aspecto Climatológico da Cidade De Bauru**. In: XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2010.
- GALVÃO, S. L., FORMAGGIO, R. A., TISOT, A. D., **Discriminação de Variedades de Cana-de-Açúcar com Dados Hiperespectrais do Sensor Hyperion/EO-1**. Anais XII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiania, Brasil, abril, 2005 – INPE p.381-388.
- GOLDEMBERG, J.; NIGRO, F. E. B.; COELHO, S. T. **Bioenergia no Estado de São Paulo: Situação Atual, Perspectivas, Barreiras e Propostas**. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2008. 152 p.
- LIMA, G. S.; BATISTA, A. C. Efeitos do fogo no ecossistema. **Estudos de Biologia**, Curitiba, n. 31, p. 5 - 16, jan. 1993.
- LISBOA, H. M., **Estudo das Precipitações: Texto Didático**. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.
- MACEDO, I. de C. (Org.). **Sugar cane's energy: twelve studies on Brazilian sugar cane agribusiness and its sustainability**. São Paulo: União da Agroindústria Canavieira de São Paulo, 2005.
- MELLO, M. P., VIEIRA, C., AGUIAR, D. A., RUDORFF, B. F. T. **Classificação da Colheita de Cana-de-Açúcar por Meio de Imagens de Satélite Utilizando**

Superfícies de Resposta Espectro-Temporais. Revista Brasileira de Cartografia, vol. 62, Issue 2, p. 181-188, 2010.

NAYA, A. **Meteorologia Superior.** Espasa Calpe, Madrid, 546 p. 1984.

RAMOS, P. C. M. **Manual de Operações de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais:** comportamento do fogo. Brasília: IBAMA, 60 p – 2004. 60 p.

REGO, F.C.; BOTELHO, H. S. **A Técnica do Fogo Controlado.** [S.L.: s.n.], 1990.124p.

RODRIGUES, J. D. **Fisiologia da Cana-de-Açúcar.** In: Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, Fortaleza, v 12, p. 41, 2009.

RONQUIM, C. C., **Queimada na Colheita de Cana-de-Açúcar: Impactos Ambientais, Sociais e Econômicos.** Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010 45 p.: il. Campinas.

SCHROEDER, M. J.; Buck, C. C. **Fire Weather.** MUSDA Forest Service, Agriculture Handbook 360. 229 p. 1970.

SILVEIRA, A. L. L. **Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica.** In: tucci, c. E. M. (org.) **Hidrologia: Ciência e Aplicação.** 2ª ed., porto alegre, editora da universidade, UFRGS, 943 P. 2000.

SIMA – **Resolução CETESB/SIMA nº 32 – DOE 21.04.22.** Disponível em: <https://sigam.ambiente.sp.gov.br/>. Acesso em 03/10/22.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Incêndios florestais - Controle, Efeitos e Uso do Fogo.** Curitiba, R. V. Soares e A. C. Batista editores, 250p, 2007.

SOARES, R. V., BATISTA, A. C., **Meteorologia e Climatologia Florestal.** Curitiba, 195 P. 2004.

SOARES, R. V. **Incêndios florestais:** controle e uso do fogo. Curitiba: FUPEF. 1985. 213p.

SOUZA, L. J. B. **Secagem de Material Combustível em Plantações de Pinus taeda L. E Eucalyptus dunnii Maiden.** Curitiba, 2000. 127 f. Tese. (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

VAREJÃO-SILVA, M.A.; REIS, A. C. S, **Agrometeorologia e Climatologia Tropicais.** Brasília, abeas, 90 P. 1988.

VÉLEZ, R. (Coord.). **La Defensa contra Incêndios Forestales:** Fundamentos y Experiencias. España. 2000.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações.** Viçosa, universidade federal de viçosa, 449 p. 1991

THORNTON, C.W. **An approach towards a rational classification of climate** *Geographic Review*, London, v. 38, p. 55-94, 1948.

UNICA. **Histórico de produção e moagem**. 2022. Disponível em: <https://observatoriodacana.com.br/historico-de-producao>. Acesso em: 08/09/22.

UNICA. **Balanço de atividades**. 2019. Disponível em: <https://www.unica.com.br/wpcontent/uploads/2019/06/Relatorio-Atividades-201213-a-201819.pdf>. Acesso em 08/09/22.