



Universidade Estadual de Goiás  
Câmpus Central - Sede (Anápolis - CET)  
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*  
em Recursos Naturais do Cerrado

EDER DASDORIANO PORFIRIO JUNIOR

AÇÕES PREVENTIVAS E MODELOS DE RISCO PARA INCÊNDIOS FLORESTAIS  
FUNDAMENTADOS NO CONHECIMENTO SOCIOAMBIENTAL SOBRE O TEMA

Anápolis

2021

EDER DASDORIANO PORFIRIO JUNIOR

AÇÕES PREVENTIVAS E MODELOS DE RISCO PARA  
INCÊNDIOS FLORESTAIS FUNDAMENTADOS NO  
CONHECIMENTO SOCIOAMBIENTAL SOBRE O TEMA

Tese apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Recursos Naturais do  
Cerrado da Universidade Estadual de  
Goiás para obtenção do título de Doutor

Orientadora: Dra. Héliida Ferreira da Cunha

Anápolis

2021

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DE TESES E  
DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL (BDTD)**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Estadual de Goiás a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UEG), regulamentada pela Resolução, **CsA n.1087/2019** sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

**Dados do autor (a)**

Nome Completo  
Eder Dasdoriano Porfirio Junior

E-mail  
ederdpjunior@gmail.com

**Dados do trabalho**

Título  
Ações preventivas e modelos de risco para incêndios florestais fundamentados no conhecimento socioambiental sobre o tema


**Tipo**

( x ) Tese    ( ) Dissertação

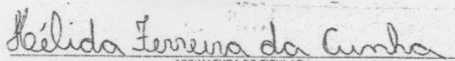
Curso/Programa Pós-Graduação Stricto Sensu em Recursos Naturais do Cerrado

Concorda com a liberação documento [ X ] SIM                      [ ] NÃO<sup>1</sup>

Anápolis - GO, 02 de julho de 2021



Assinatura do autor (a)



ASSINATURA DO TITULAR  
Assinatura do orientador (a)

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

DED22 Dasdoriano Porfirio Junior, Eder  
a Ações preventivas e modelos de risco para incêndios  
florestais fundamentados no conhecimento socioambiental  
sobre o tema / Eder Dasdoriano Porfirio Junior;  
orientador Héliida Ferreira da Cunha. -- Anápolis, 2021.  
103 p.

Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação  
Doutorado em Recursos Naturais do Cerrado (RENAC)) --  
Câmpus Central - Sede: Anápolis - CET, Universidade  
Estadual de Goiás, 2021.

1. Incêndios florestais. 2. Populações tradicionais.  
3. Fogo. I. Ferreira da Cunha, Héliida, orient. II.  
Título.

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM RECURSOS NATURAIS DO CERRADO**

**ATA DE DEFESA PÚBLICA DE TESE Nº 102/2021**

Aos 03 dias do mês de maio do ano de 2021, às 13h30, reuniu-se no auditório do bloco IV do Câmpus Central da UEG, a banca Examinadora composta pelos: Dra. Héliida Ferreira da Cunha (Universidade Estadual de Goiás), Dra. Geiziane Tessarolo (Universidade Estadual de Goiás), Dr. Patrick Thomaz de Aquino Martins (Universidade Estadual de Goiás), Dra. Lara Steil (IBAMA: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), Dra. Leticia Gomes da Silva (Universidade de Brasília) para sob a presidência do primeiro, procederem à “defesa de doutorado” intitulada: Ações preventivas e modelos de risco para incêndios florestais fundamentados no conhecimento socioambiental sobre o tema, de Eder Dasdorianio Porfirio Junior, discente do PPG Recursos Naturais do Cerrado, nível doutorado. Foi realizada a avaliação oral no sistema de apresentação e defesa de tese de autoria do(a) discente. Terminada a avaliação oral, a Banca Examinadora reuniu-se emitindo os seguintes pareceres mediante as justificativas e sugestões abaixo:


| Membro da Banca                      | Aprovado | Reprovado |
|--------------------------------------|----------|-----------|
| Dra. Héliida Ferreira da Cunha       | X        |           |
| Dra. Geiziane Tessarolo              | X        |           |
| Dr. Patrick Thomaz de Aquino Martins | X        |           |
| Dra. Lara Steil                      | X        |           |
| Dra. Leticia Gomes da Silva          | X        |           |

Justificativas e sugestões: verificar as sugestões e correções enviadas pelos membros da banca avaliadora

Após avaliação foi APROVADO na defesa. Às 18:40 horas, o (a) Prof. Dra. Héliida Ferreira da Cunha, presidente da Banca Examinadora deu por encerrada a sessão e, para constar, lavrou a presente Ata:



Prof. Dra. Geiziane Tessarolo



Prof. Dr. Patrick Thomaz de Aquino Martins



Dra. Lara Steil



Dra. Leticia Gomes da Silva



Prof. Dra. Héliida Ferreira da Cunha

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Eder e Vanda, e meu irmão, Gabriel, por serem fonte inesgotável de amor, força e paz.

Para a minha filha Laura, o grande amor da minha vida e a minha esposa Pollyane, companheira, paciente e atenciosa que me acompanhou e me deu todo suporte como sempre faz.

Ao meu tio Antônio.

*“Viver é partir, voltar e repartir*

*Partir, voltar e repartir”*

## AGRADECIMENTOS

À Professora Héli da Ferreira da Cunha por aceitar me orientar, por ser a pessoa, a profissional e a professora que é. Obrigado pela paciência, atenção e disponibilidade, por me encorajar diante de todos, e foram muitos, os problemas e dificuldades que surgiram durante o projeto.

Aos colegas de RENAC, Kárita, Wesley, Pablo, Jamil, Ruan, Guilherme e muitos outros por adicionarem, com as mais diversas formações e opiniões, novas perspectivas ao meu mundo. Em especial ao Pablo Silva por ajudar na organização do trabalho e adequação do trabalho e por ser um parceiro inestimável durante esse projeto.

Ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais do Cerrado, em especial à secretária Nina. A todo o corpo docente que invariavelmente esteve envolvido no crescimento e na boa qualidade da atividade acadêmico-científica do Programa, muito obrigada, pelo exemplo e dedicação.

À equipe de apoio que, durante 90 dias, esteve comigo em campo nas coletas de dados, entrevistas, medições e análises: Maxwell, Charles, Damião, Renato, Conrado, Ingrid, Melanie Castro, Ivan Naves, Ronaldo, Paulo e Oswaldo.

Aos amigos de trabalho, Diego, Fernando, Altair, Estevão, Cristianne entre outros que por vezes colaboraram direta ou indiretamente.

A todos meus amigos e em especial à Angélica Moris.

À minha família, principalmente meus primos Jeremias e Beatriz, e meu irmão Gabriel por sempre me incentivarem a continuar dentro de um formato particular dos Porfirios.

## RESUMO

A tese visa fundamentar a escolha e definição de medidas preventivas contra incêndios vegetacionais, tendo como prerrogativa os efeitos das atividades antrópicas como causa principal. O presente estudo foi desenvolvido no Sítio Histórico e Patrimônio Cultural Kalunga, que congrega vários aspectos do contexto nacional de zonas que sofrem os efeitos dos incêndios, somando ainda a importância cultural, econômica, histórica, ecológica e social da região. Ao abordar o tema sob a ótica do papel antrópico nas ocorrências de incêndios, buscamos compreender como as alterações de uso do solo, o desenvolvimento regional, os conhecimentos sociais, hábitos culturais, a assimilação de riscos inerentes, noções sobre técnicas de combate e prevenção, a formação cultural e histórica, o acesso a informações e políticas públicas se relacionam com os eventos verificados na região. Tal conhecimento pode auxiliar os tomadores de decisão em estabelecer medidas efetivas de combate aos incêndios não autorizados. Estabelecemos para o trabalho etapas que seguiram a sequência de conhecer como os aspectos socioambientais influenciavam a assimilação da população sobre incêndios vegetacionais, sob a perspectiva legal de uso do solo e cultural da região. Posteriormente, utilizamos essas informações para a construção de um modelo de risco. Nessa etapa, utilizamos em adição aos dados socioambientais, previamente levantados, informações de uso do solo e dados de perícias técnicas executadas em focos de calor registrados para o Sítio Histórico e Patrimônio Cultural Kalunga entre 2015 e 2018 para testar os efeitos da influência humana no risco de focos de calor. Avaliamos também como é a assimilação relativa ao tema incêndios florestais pelos atores locais e quais aspectos definem a formação de conceitos. Em outro momento, simulamos um modelo de risco baseado em um cenário hipotético iniciado em uma área de alto potencial de risco, conforme estabelecido previamente, analisando quais seriam os recursos atingidos e quais as ações seriam melhor implementadas para evitar maiores danos.

Palavra-chave: Fogo, desastres ambientais, prevenção de incêndios florestais

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| DEDICATÓRIA   | 2  |
| AGRADECIMENTOS  | 3  |
| RESUMO  | 4  |
| SUMÁRIO   | 5  |
| INTRODUÇÃO GERAL  | 8  |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS  | 13 |
| CAPÍTULO I  | 19 |
| Assessing human perception about wildfires risk at the Historical Site and Cultural Heritage Kalunga                  | 19 |
| ABSTRACT  | 19 |
| RESUMO  | 21 |
| 1.1. INTRODUCTION   | 22 |
| 1.2. MATERIAL AND METHODS   | 23 |
| 1.3. RESULTS  | 26 |
| 1.4 DISCUSSION  | 29 |
| 1.5. CONCLUSION   | 31 |
| 1.6. REFERENCES   | 32 |
| CAPÍTULO II   | 37 |
| Using an approach based on-field inspections to evaluate how landscape elements can favor the occurrence of wildfires | 37 |
| ABSTRACT  | 38 |
| 2.1. INTRODUCTION   | 39 |
| 2.2. METHOD   | 41 |
| 2.3. RESULTS  | 45 |
| 2.4. DISCUSSION   | 49 |
| 2.5. CONCLUSION   | 51 |
| 2.6. REFERENCES   | 52 |
| CAPÍTULO III  | 57 |
| Modelagem de incêndios no cerrado: estudo de caso no Sítio Histórico e Patrimônio Cultural Kalunga                    | 57 |
| RESUMO  | 57 |
| ABSTRACT  | 58 |
|   | 9  |

|   |     |
|---|-----|
| 3.1. INTRODUÇÃO   | 58  |
| 3.2. MATERIAL E MÉTODOS   | 60  |
| 3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO   | 65  |
| 3.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS   | 67  |
| 3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS   | 69  |
| Uma breve análise das normas federais sob a perspectiva do Sítio Histórico e Cultural Kalunga com base nos dados do estudo. | 72  |
| RESUMO  | 72  |
| 4.1. INTRODUÇÃO   | 72  |
| 4.2. LOCAL DO ESTUDO  | 75  |
| 4.3. METODOLOGIA  | 79  |
| 4.4. DADOS COLETADOS  | 80  |
| 4.5. CONCLUSÃO  | 94  |
| 4.6. BIBLIOGRAFIA   | 96  |
| CONCLUSÕES GERAIS   | 101 |



## INTRODUÇÃO GERAL

Os incêndios florestais podem ter origem em eventos naturais, contudo, em ampla maioria são provocados por atividades antrópicas, causando prejuízos ambientais e econômicos nos mais diversos contextos (Lewis 1989; Morrison & Cooke 2003; Keith *et al.* 2002). O aumento na frequência de incêndios, extrapolando os padrões naturais, pode gerar perdas à biodiversidade em diversos níveis da organização biológica e, além disso, alterar os ciclos biogeoquímicos, representando consequências potencialmente negativas para os serviços ambientais fornecidos pela natureza (Silva *et al.*, 2003).

Conhecer as causas associadas a essa perturbação auxilia na tomada de decisões, bem como na elaboração de políticas públicas efetivas no combate e prevenção a incêndios florestais (van Wilgen *et al.*, 2004; Maravalhas & Vasconcelos, 2014). Para isso, é necessário ampliar o conhecimento sobre os efeitos do fogo na biodiversidade e compreender como o aumento da intensidade e frequência de incêndios florestais pode comprometer questões essenciais para a sociedade (Vega-García & Chuvieco, 2006; Murphy *et al.*, 2015; Silveira *et al.*, 1999).

Um dos principais aspectos abordados pela comunidade científica é a determinação de fatores que provocam o aumento na frequência, intensidade e extensão de incêndios florestais (Cammelli & Codel, 2019; Ferreira-Barbos *et al.*, 2019; Nunes *et al.*, 2019). Nesse caso, identificar os potenciais agentes e fatores que aumentam a ocorrência desses eventos em uma escala regional auxilia na criação de ações práticas de prevenção, manejo e contenção de incêndios (Morgan *et al.*, 2002; Barlow & Peres, 2004; Vozick *et al.*, 2007). Portanto, o aumento de informações relacionadas aos aspectos sociais do uso do fogo e de determinantes ambientais que podem intensificar a frequência desses eventos é fundamental para estabelecer estratégias eficazes de combate a incêndios florestais.

No Brasil, os fatores indicados como responsáveis pela ocorrência de incêndios florestais são agrupados, principalmente, nas seguintes categorias: queima de áreas para fins agropastoris (63,7% da área queimada), queima criminosa ou provocada por incendiários (14,7%), fogos e recreação ou acidental (11,6%), outras causas (4,4%), fumantes (2,9%), associados a estradas de ferro (0,5%) e eventos naturais, sendo responsáveis por apenas 0,2% (Soares, 1992). Em Unidades de Conservação Federal, por exemplo, 93% dos incêndios

ocorridos em nos anos de 1979 a 2005 foram oriundos de ações antrópicas, enquanto apenas 7% foram de causas naturais (IBAMA, 2006). Por serem decorrentes de raios e conseqüentemente precederem períodos de chuvas, a maioria dos eventos naturais têm impactos menores, quanto à área atingida, aos efeitos secundários e à intensidade do fogo.

O Cerrado, por apresentar altos índices de inflamabilidade, tem nos incêndios florestais um fator de enorme relevância (Klink & Machado, 2005). Amostras de carvão, datadas entre 27.100 e 41.700 anos atrás, indicam a ocorrência de fogo no cerrado brasileiro, no entanto, os incêndios ocorriam com menor frequência do que os observados atualmente (Medeiros, 2002). Tais ocorrências, quando naturais, exercem papel no estabelecimento e fundamentação das savanas (Bowman *et al.*, 2009).

O aumento da frequência de incêndios florestais na região de transição entre a floresta e savana proporciona a invasão de gramíneas nativas em ecossistemas florestais (Silvério *et.al.*, 2013). Regimes não naturais, como os estabelecidos em decorrência do crescimento e a expansão de atividades agropastoris, promovem a destruição do bioma (Schmidt *et al.*, 2018). Quando analisadas em contraponto aos eventos naturais, a frequência (intervalo entre os eventos) dos incêndios antrópicos é menor e ocorrem em períodos potencialmente prejudiciais. Segundo dados do INPE (2019), as queimadas no Cerrado cresceram cerca de 44% em relação a 2018 (setembro de 2018 a setembro de 2019), atingindo cerca de 140 mil km<sup>2</sup> de área queimada, principalmente em regiões associados à ação humana.

Eventos recentes e de impacto multicontinental evidenciam a necessidade de compreensão dos diversos aspectos relacionados ao aumento da ocorrência de incêndios florestais como um assunto de relevância mundial, principalmente pela casualidade com outros fatores preocupantes, tais como as mudanças climáticas, expansão da área urbana e conservação da biodiversidade (Durigan & Ratter, 2016). Persistem, no entanto, diversas lacunas de conhecimentos sobre fatores que causam, mitigam ou intensificam a frequência com que esses distúrbios ocorrem, tornando-se necessária a obtenção de dados que complementem o conhecimento já existente na literatura científica. Tal conhecimento, uma vez estabelecido, permitiria que tomadores de decisão estabelecessem métodos de desempenhar objetivos claros para o controle e manejo de incêndios a longo prazo, fundamentar ações preventivas e, principalmente, tornar tais medidas replicáveis em diversas escalas. Uma vez estabelecidos padrões e fatores de forma clara, determinadas variáveis relacionadas e apurados os processos de forma completa se fará possível indicar um conjunto

de orientações e práticas que devem ser realizadas para evitar o aumento no número desses eventos, diminuindo lacunas conceituais e maximizando a implementação das ações. Tal resultado proporcionaria uma ferramenta de leitura dos aspectos regionais do fogo e conseqüentemente formas mais efetivas de tratar o tema conforme cada cenário ou contexto temporal.

Estudos anteriores estabeleceram variáveis importantes para a ocorrência de incêndios florestais, dos quais é possível destacar dois grupos de variáveis que influenciam tanto eventos de origem natural quanto aqueles de origem antrópica:

- (i) Aspectos constantes (e.g. material combustível, relevo e vegetação) e
- (ii) Aspectos variáveis (e.g. velocidade do vento, umidade relativa e temperatura).

Outra característica incorporada nesses estudos é a influência da atividade humana sobre os eventos de incêndios florestais. Esta linha de pesquisa insere os aspectos sociais e culturais como fatores de influência na ocorrência dos incêndios florestais (Torres *et al.*, 2011). Diversos registros pré-históricos evidenciam que incêndios florestais, em vários casos, decorreram de ações antrópicas (Fiedler *et al.*, 2016). Assim, a investigação de agentes causadores e/ou potencializadores de incêndios ganha como componente as questões sociais, culturais e educacionais (Liu, 2007; Paz *et al.*, 2011).

Cultura, sociedade e educação podem ser influenciadas por diferentes fatores, o que conseqüentemente altera a percepção das pessoas e o nível de sensibilidade relacionado ao tema fogo. Mudar a percepção das pessoas, comunidades ou populações para que possam entender melhor os riscos e demais fatores associados aos incêndios florestais ainda tem sido objeto de diversos estudos (Liu, 2007; Ganteaume & Jappiot, 2012; Borges *et al.*, 2011; Bieder, 2020), mas, paralelamente, são desenvolvidas diversas ações práticas com a finalidade de conscientizar a população para o uso de abordagens de prevenção, manejo e contenção de incêndios florestais.

Além de questões relacionadas ao uso cultural do fogo e de como as pessoas percebem os seus impactos, permanece necessário investigar e estabelecer quais os elementos físicos, decorrentes da ação humana podem aumentar a frequência de incêndios florestais localmente. Para isso são utilizados diversos métodos e ferramentas com intuito de determinar áreas potenciais para a ocorrência de incêndios florestais, bem como os riscos associados a esses

eventos. Dentre os fatores importantes para mensurar esse risco potencial, pode-se considerar análise da estrutura, dinâmica e função dos elementos de uma paisagem (Fernandes *et al.* 2011), análises temporais de séries de queima (Pezzopane *et al.* ,2001), avaliação do material combustível, considerando aspectos como a quantidade, umidade, inflamabilidade, continuidade e compactação (Rigolot, 1990) e as variações climáticas (Batista, 2004). Essas abordagens podem ser complementares às informações geradas por registros de focos de calor documentados, pois corroboram os riscos determinados pelas variáveis com eventos devidamente verificados (Libonati, 2006).

Entender como os elementos observados em uma escala regional ou de paisagem podem contribuir para o aumento da ocorrência de incêndios é fundamental para a seleção espacial de áreas prioritárias para ações de manejo, prevenção e contenção do fogo, principalmente em localidades que sofram pressão desse tipo de evento, que representem importância ecológica ou por outros aspectos diversos. Portanto, uma análise crítica considerando tanto abordagens sociais quanto elementos naturais e antrópicos para a ocorrência de fogo proporcionaria uma ferramenta de grande valia para tomadores de decisão na determinação de ações que minimizem as ocorrências e os impactos de queimadas.

Compreender a dinâmica de ocorrência do fogo por si passa pelo entendimento da relação de quatro fatores, onde se faz necessária e indispensável a presença de todos para ocorrência de incêndios, sendo eles: o comburente, presente e disponível de forma generalizada no Cerrado; o combustível, que é tema de diversos estudos e abordagens de cunho preventivo (Pereira *et al.*, 2016); o calor ou fonte de ignição, compreendidos aqui como os agentes, naturais ou antrópicos, causais da ignição; e, por último, a reação em cadeia de todos os demais fatores. A assimilação da dependência desses fatores permite que sejam estabelecidas ações preventivas específicas para atuar, priorizar ou mesmo hierarquizar as atividades e métodos de prevenção. Assim, concluímos que a previsão da ocorrência de incêndios florestais é, em muitos casos, imprecisa devido à diversidade de fatores envolvidos, que vão desde processos naturais do meio ambiente (combustível e fonte de ignição) até elementos antrópicos que causam e/ou intensificam a frequência desses eventos (Barlow *et al.*, 2012).

No contexto do Cerrado, mais especificamente no Sítio Histórico e Patrimônio Cultural Kalunga (SHPCK), localizado no extremo norte do estado de Goiás, a maioria dos fatores considerados como intensificadores de incêndios florestais estão presentes. Observa-se

o uso tradicional do fogo, expansão da agricultura e pecuária, eventos de cunho religioso, diversidade de usos do solo, estradas e acessos vicinais, conflitos de ocupação, expansão de área urbana, o turismo e outros aspectos. Com base nisso, o objetivo desta tese é investigar os aspectos sociais e ambientais responsáveis pelo contexto local de ocorrências de incêndios florestais.

No primeiro capítulo, investiga-se como os fatores sociais, culturais e externos influenciam a compreensão dos riscos relativos aos incêndios florestais moldando o perfil dos atores e estabelecendo o padrão comportamental propondo que o maior grau de compreensão dos riscos inerentes aos incêndios florestais são presentes em atores envolvidos de forma multiestratificada no tema. No segundo capítulo, a proposta é com base nos dados e conhecimentos associados aos aspectos geográficos e climáticos predizer riscos de evento de incêndio vegetacional na região para verificação da ferramenta no uso em ações preventivas pelos atores no tema. No terceiro capítulo a proposta é complementar à abordagem social e cultural da população local, investigar como que a ocorrência de incêndios florestais, devidamente registrados e periciados, está associada com elementos observados em escala regional e de paisagem, indicando variáveis potenciais para a determinação de áreas de risco de incêndios. No quarto capítulo fazemos uma breve avaliação de como as leis ambientais federais são assimiladas pelos atores locais e quais são as lacunas observadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baiocchi, M.N. 1996. Kalunga – A sagrada terra. Revista da Faculdade de Direito da UFG, v. 19-20, n.1, p.107-120.
- Barlow, J. & Peres, C.A. 2004. Ecological responses to el Niño-induced surface fires in central Brazilian Amazonia: management implications for flammable tropical forests. *Philos. Trans. R Soc. Lond. B Biol. Sci.* 359 (1443), 367–380.
- Barlow, J., Parry, L., Gardner, T.A., Ferreira, J., Aragão, L.E.O.C, Carmenta, R. 2012. The critical importance of considering fire in REDD+ programs. *Biological Conservation* 2012; 2012(154): 1-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2012.03.034>.
- Batista, A.C. 2004. Mapas de risco: uma alternativa para planejamento de controle de incêndios florestais. *Curso de Engenharia Florestal – Revista Florestal* 30(1/2): 45-54. 2004.
- Bieter, F.L., da Silva, R. A. & Nora, G.D. 2020. REnCiMa – Revista de Ensino de Ciências e Matemática, Edição Especial, v. 11, n.2, p. 144-157. [doi.org/10.26843/rencima](https://doi.org/10.26843/rencima). eISSN: 2179 – 426X.
- Borges T.S., Fiedler N.C., Santos A.R., Loureiro E.B., Mafia R.G. 2011. Desempenho de alguns índices de risco de incêndios em plantios de eucalipto no norte do Espírito Santo. *Floresta e Ambiente* 2011; p 153-159. <http://dx.doi.org/10.4322/loram.2011.033>.
- Cammelli, F. & Coudel, E. 2019. Smallholders' Perceptions of Fire in the Brazilian Amazon: Exploring Implications for Governance Arrangements. *Human Ecology*, Aug 2019, Vol.47(4), pp.601-612. DOI: 10.1007/s10745-019-00096-6
- Durigan, G. & Ratter, J. A. 2016. The need for a consistent fire policy for Cerrado conservation. *Journal of Applied Ecology*, 53, 11–15. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12559>
- Fernandes, M.C., Coura, P.H.F., Sousa, G.M., Avelar, A.S. 2011 Avaliação geoecológica de Susceptibilidade à ocorrência de incêndios no estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Floresta e Ambiente* 2011; 18(3): 299-309. <http://dx.doi.org/10.4322/loram.2011.050>.
- Ferreira-Barbosa, M., Teodoro, P., Correia, T., Rodrigues, R. de A. 2019. Occurrence of fire foci under different land uses in the State of Amazonas during the 2005 drought.

Environment, Development and Sustainability [1387-585X] Ferreira Barbosa Ano:2019  
v.:21 n.:6 p.:2707 -2720

Fiedler, M.C., Merlo, D.A. & Medeiros, M.B., 2006. Ocorrência De Incêndios Florestais No Parque Nacional Da Chapada Dos Veadeiros, Goiás. 2006 Ciência Florestal, v. 16, n. 2, p. 153-161. ISSN 0103-9954"

Ganteaume, A. & Jappiot, M. 2013. What causes large fires in Southern France. Forest Ecology and Management 2013; 2013(294):76-85.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2012.06.055>.

IBAMA. 2000. Sistema Nacional de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais: relatório de ocorrência de incêndios em unidades de conservação no período 1987-2000. Brasília,2000. Relatório Técnico.

IBAMA, 2001.Sistema Nacional de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais: plano de manejo do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros. Brasília, 2001. Relatório Técnico.

IBAMA.2007. Relatório de Ocorrência de Incêndios em Unidades de Conservação Federais 2006. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/prevfogo>>. Brasília, 2007

INPE .2018. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2018. Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios. Disponível em <http://queimadas.cptec.inpe.br>. Acesso em: 22/06/2018.

Klink, C.A. & Machado, R.B.A. 2005. Conservação do cerrado brasileiro. Megadiversidade, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 147-155, jul. 2005.

Lewis, H. 1989. Ecological and Technological Knowledge of Fire: aborigines versus park rangers in Northern Australia. American Anthropologist 91 (4), 940–961.

Libonati, R e Morelli, F., Setzer, A., da Camara, C., Pereira, J.M.C. 2006. Assinatura Espectral de Áreas Queimadas em Produtos MODIS. XII Simposio Internacional en Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica. Cartagena Colombia. Septiembre de 2006.

Liu, W. T. H. 2007. Aplicações de Sensoriamento Remoto. Campo Grande: Editora UNIDERP. 881 p. 2007.

Maravalhas, J., & Vasconcelos, H. L. (2014). Revisiting the pyrodiversity-biodiversity hypothesis: Long-term fire regimes and the structure of ant communities in a Neotropical savanna hotspot. *Journal of Applied Ecology*, 51, 1661–1668.

<https://doi.org/10.1111/1365-2664.12338>

Medeiros, M.B. 2002. Efeitos do fogo nos padrões de rebrotamento em plantas lenhosas, em campo sujo. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). p. 122. Universidade de Brasília, Brasília, 2002.

Medeiros, M. B. 2002. Manejo de fogo em unidades de conservação do cerrado. *Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer*, Brasília, v. 10, n. 1, p. 76-89, 2002.

Morgan, T.A., Fiedler, C.E., Woodall, C., 2002. Characteristics of dry site old-growth ponderosa pine in the Bull Mountains of Montana, USA. *Natural Areas J.* 22 (1), 11–19.

Morrison & Cooke 2003. "Murphy, B. P., Cochrane, M. A., & Russell-Smith, J. 2015. Prescribed burning protects endangered tropical heathlands of the Arnhem Plateau, northern Australia. *Journal of Applied Ecology*, 52, 980–991.  
<https://doi.org/10.1111/1365-2664.12455>"

Nunes, L., Álvarez-González, J., Alberdi, I., Silva, V., Rocha, M. Rego, F. 2019. Analysis of the occurrence of wildfires in the Iberian Peninsula based on harmonised data from national forest inventories. *Annals of Forest Science*, 2019, Vol.76(1), pp.1-17

Paz, S., Carmel, Y., Jahshan, F., Shoshany, M. 2011. Post-fire analysis of pre-fire mapping of fire-risk: a recent case study from Mt. Carmel (Israel). *Forest Ecology and Management* 2011; 2011(262): 1184-1188. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2011.06.011>.

Pereira, A.A., Teixeira, R.L., Melchiori, E.A., Carvalho, L.M.T. 2016. Avaliação de índices espectrais para identificação de áreas queimadas no cerrado utilizando dados LandSat TM. *Rev. Bras. Cartogr.* 2016, 8, 1665–1680.

Pezzopane, J.E.M., Oliveira, S.N. N., Vilela, M.F. 2001. Risco de incêndios em função da característica do clima, relevo e cobertura do solo. *Floresta e Ambiente* 2001; 8(1): 161-166.

Prudente, T., D., 2010. Geotecnologias Aplicadas Ao Mapeamento De Risco De Incêndio Florestal No Parque Nacional Da Chapada Dos Veadeiros e Área De Entorno. Dissertação de

Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia – Uberlândia, MG - Instituto De Geografia, 2010.

Rigolot, E.1990. Combustíveis. In: REGO, F. C. & BOTELHO, H. S. A técnica do fogo controlado. Trás-Os-Montes: Universidade de Trás-Os-Montes e Alto Douro, 1990. p.35-38.

Ross, J. L. S.2005. Geografia do Brasil. 5. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005.

Schmidt, I.B., Moura, L.C., Ferreira, M.C. 2018. Fire management in the Brazilian savanna: First steps and the way forward. J Appl Ecol. 2018.

<https://doi.org/10.1111/1365-2664.13118>"

Silva, J. C. et.al.2003. Avaliação de brigadas de incêndios florestais em unidades de conservação. Revista Árvore, v.27, n.1, p.95-101, 2003.

Silveira, L., Rodrigues, F. H. G., Jacomo, A. T. A., & Filho, J. A. F. D. 1999. Impact of wildfires on the megafauna of Emas National Park, central Brazil. Oryx, 33, 108–114.

<https://doi.org/10.1017/>

Silvério, D.V., Brando, P.M., Balch, J.K., Putz, F.E., Nepstad, D.C., Oliveira-Santos, C., Bustamante, M.M.C. 2013. Testing the Amazon savannization hypothesis: fire effects on invasion of a neotropical forest by native cerrado and exotic pasture grasses. Phil Trans R Soc B, v. 368: 20120427.

Soares, 1992. Novas tendências no controle de incêndios florestais. FLORESTA 30(1/2): 11-21.

Torres, F.T.P., Ribeiro, G.A., Martins, S.V., Lima, G.S. 2011. Correlações entre os elementos meteorológicos e as ocorrências de incêndios florestais na área urbana de Juiz de Fora, MG. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.35, n.1, p.143-150.

Van Wilgen, B.W., Govender, N., Biggs, H. C., Ntsala, D., & Funda, X. N. 2004. Response of savanna fire regimes to changing fire-management policies in a large African national park. Conservation Biology, 18, 1533–1540.

Vega-García, C.; Chuvieco, E.2006. Applying local measures of spatial heterogeneity to Landsat-TM images for predicting wildfire occurrence in Mediterranean landscapes, Landscape Ecology, p. 595–605, 2006.

Vosick, D., Ostergren, D.M., Murfitt, L., 2007. Old-growth policy. *Ecol. Soc.* 12 (2), 9.  
VOSviewer (2019). Software. <http://www.vosviewer.com/>.



## CAPÍTULO I

### **Assessing human perception about wildfires risk at the Historical Site and Cultural Heritage Kalunga**

*Submetido em 08 de abril a revista Fire Journal*

Eder Dasdoriano Porfirio Junior <sup>1\*</sup>, Pablo Henrique da Silva <sup>2</sup>, Héliida Ferreira da Cunha <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Goiânia, GO-Brazil. E-mail: [ederdpjunior@gmail.com](mailto:ederdpjunior@gmail.com)

<sup>2</sup> Graduação em Estatística, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO-Brazil. E-mail: [pablosilva@discente.ufg.br](mailto:pablosilva@discente.ufg.br)

<sup>3</sup> Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária, Anápolis, GO-Brazil. E-mail: [cunhahf@ueg.br](mailto:cunhahf@ueg.br)

#### **ABSTRACT**

Understanding how individuals with background knowledge and access to wildfires information perceive that problem, it is fundamental to establish effective actions for fighting and prevention unwanted and unauthorized fires. Based on that, our goal is to assess how the inhabitants of Historical Site and Cultural Heritage Kalunga perceive the risks related to wildfires and how they deal with operational use, management, and mitigation of fires. We developed this study based on the Annual Integrated Fire Management Plan (PAMIF) questionnaire, obtaining information concerned address social groupings of this region. This questionnaire contains issues referent to wildfires' perception and operational use of fire. We found out the perception about wildfires' risk does not respond directly to background knowledge acquired from courses or voluntary action in fighting fires. However, the absence of this relationship indicates that other variables can be more successful in responding that since we realize in our analysis that wildfires' perception is common for most of the individuals sampled. Also, we discovered that notion of risk is more intensified for rural areas, and the different uses in those areas can be more concerning. We described the knowledge about the institutional management of fires, which we found different responses about it. The evidence observed in this study provides an overview of the perception of

wildfires' risk but does not present conclusions about the mechanisms that formulated that perception. Overall, it is clear that the standardization of the fire theme is extremely complex for the different actors involved, making it difficult for knowledge to be diffused throughout the community.

Keywords: Burned; traditional population; forest fires

## **Avaliando a percepção humana sobre o risco de incêndios florestais no Sítio Histórico e Patrimônio Cultural Kalunga**

### **RESUMO**

Entender como os indivíduos com conhecimento prévio e acesso a informações sobre incêndios percebem esse problema, é fundamental estabelecer ações efetivas de combate e prevenção de incêndios indesejados e não autorizados. Com base nisso, nosso objetivo é avaliar como os habitantes do Sítio Histórico e Patrimônio Cultural Kalunga percebem os riscos relacionados aos incêndios florestais e como lidam com o uso operacional, manejo e mitigação de incêndios. Desenvolvemos este estudo com base no questionário do Plano Anual de Manejo Integrado do Fogo (PAMIF), obtendo informações referentes aos agrupamentos sociais dessa região. Este questionário contém questões referentes à percepção dos incêndios florestais e ao uso operacional do fogo. Descobrimos que a percepção sobre o risco de incêndios florestais não responde diretamente ao conhecimento prévio adquirido em cursos ou ações voluntárias no combate a incêndios. No entanto, a ausência dessa relação indica que outras variáveis podem ser mais bem-sucedidas em responder isso, uma vez que percebemos em nossa análise que a percepção de incêndios florestais é comum para a maioria dos indivíduos amostrados. Além disso, descobrimos que a noção de risco é mais intensificada para as áreas rurais, e os diferentes usos nessas áreas podem ser mais preocupantes. Descrevemos o conhecimento sobre a gestão institucional de incêndios, onde encontramos diferentes respostas sobre o mesmo. A evidência observada neste estudo fornece uma visão geral da percepção do risco de incêndios florestais, mas não apresenta conclusões sobre os mecanismos que formularam essa percepção. De maneira geral, percebe-se que a padronização do tema fogo é extremamente complexa para os diversos atores envolvidos, dificultando a difusão do conhecimento pela comunidade.

## 1.1. INTRODUCTION

Historical records highlight that a large part of wildfires is of anthropic origin (Fiedler et al., 2003). This human interference has the potential to alter the frequency and intensity of the fires, with direct consequences for the population dynamics and competition among species, nutrients amount in the soil, and also may compromise the regional economic development (Murphy et al., 2015; Silveira et al., 1999; Vega-garci and Chuviesco, 2006). Understanding the functional role of wildfires in processes observed on a regional scale can be essential for a perception of change about the potential impacts caused by those events (Nunes and Martins, 2018). It is possible to consider this premise true given that several studies investigate how knowledge about natural and anthropic processes may change the perception and attitude of individuals (Campos et al., 2012; Quintas-soriano et al., 2016; Sodhi et al., 2010). In some traditional Brazilian communities, it provides training to enable people for practical actions in their region (Pereira and Bastos, 2019; Santopuoli et al., 2017). For instance, the National Center for the Prevention and Fighting of Forest Fires (PREVFOGO) provides environmental education activities to raise awareness and to capable stakeholders in the wildfires' mitigation. Here, we assume the assumption that these training have the potential to change the volunteers' perception and enlarge the effective actions to reduce fires. Therefore, it is necessary to evaluate the veracity of this assumption for the strategic planning of new intervention proposals on society.

The fires' occurrence is a natural process in some types of vegetation (Myers, 2006); however, the intensification of human activities has been increasing exponentially in those events (Pivello, 2011). Changes in the frequency of the wildfires can increase the number of individuals, who have already had contact with this environmental disturbance, altering the previous experience of the community as a whole in fire management and prevention (Santopuoli et al., 2017). This background knowledge has the potential to modify individuals' perceptions about the proper use of fire and, consequently, to reduce its potential impacts (Campos et al., 2012; Quintas-soriano et al., 2016). However, this knowledge can be a direct association with cultural, social, economic, and educational issues in the region, as well as training participants to improve environmental awareness (McCaffrey et al., 2013). Based on that, it is possible establishing the premise that individuals with background knowledge and access to information are better able to deal with the occurrence of unwanted and

unauthorized fires. Also, people that participate in programs that work effectively in fighting fires, most likely they will have a different perception in relation to individuals who have not had contact with this type of knowledge (Mistry and Bizerril, 2013; Santopuoli et al., 2017). Therefore, these people can better understand how wildfires may compromise social aspects on a regional scale, as well as to cause attitude changes concerning the mitigation methods and risk perception of fire.

Based on all premises made so far, our goal is to assess how the inhabitants of Historical Site and Cultural Heritage Kalunga perceive the risks related to wildfires, and how the access to information and background knowledge on this subject may change the perception of its operational use, management, and mitigation of fires. We hypothesize that (i) individuals with access to wildfires information consider high frequency of fires as a problem to their region; (ii) the wildfires' risk is more damaging in rural areas. Furthermore, we described the perception of the Kalunga population about aspects concerning causes and preventive measures for fires; and its institutional management.

## **1.2. MATERIAL AND METHODS**

### **1.2.1. Study area and population characteristics**

We collected our data in the Historical Site and Cultural Heritage Kalunga, located in the northeast of the Goiás state (longitude: -47.631972; latitude: -13.101778). This site covers a region of 253 thousand hectares, consisting of 56 communities distributed among the municipalities Cavalcante, Monte Alegre, and Teresina de Goiás. It is the largest Cerrado remnant in the state, with a high richness of species and a high degree of endemism (Klink and Machado, 2005). The climate is seasonal, consisting of a rainy season and a dry season. This site is characterized by rugged terrain that promoted the isolation of several local communities until the mid-1970s. This isolation preserved traces from indigenous cultures that already inhabited the region, and black refugees from slavery regimes. The first academic studies developed in this region dating from 1990 by the researcher Mari Biocchi, when was determined the size of the area, habitants amount, and habits of these people (Baiocchi, 1990).

According to Biocchi (1990), the population was approximately six thousand inhabitants. The first Kalungas occupied this region from 1722, which is associated with gold discovery and exploration by Bartolomeu Bueno da Silva with the use of slave labor (Palacin, 1994). In 2013, the Kalunga community had 51% of the population between 15 and 64 years,

and 80% of homes with five or more residents (Pinto et al., 2014). Schooling is low, with 91% of the population having only elementary education. Also, about 70% are part of the “Cadastro Único para Programas Sociais” (Brazilian social program that identification low-income people) (Pinto et al., 2014).

### **1.2.2. Sampling strategy**

The interviews occurred during January and February 2019 according to execution within the scope of the Annual Integrated Fire Management Plan (PAMIF), applied in acting areas of PREVFOGO in the Goiás state. The goal of PAMIF is to carry out the planning of actions to prevent and combat forest fires in areas under the responsibility of PREVFOGO. In these plans, it is established priority areas for management actions, surveillance, environmental education, and other actions aimed at reducing the wildfires potential impact. The PAMIF produce data related to fuel stock, infraction profiles in the area, and apply a broad questionnaire to the local inhabitants.

We applied the PAMIF interviews at the Historical Site and Cultural Heritage Kalunga, and on the 10 kilometer buffer zone to aim to address social groupings of all local communities. For selecting the application site, we identified houses and buildings using satellite images. The identification of each area respected the organizational aspect of the region as a result of community formation’s historical factors. This historical organization is evidenced by the various social clusters distributed spatially in an irregular way. In common, the communities are located in difficult access points and rugged terrain characteristic of the region (Nascimento, 1992). We established for the PAMIF active community clusters, farm headquarters, and functional housing. The full sampling interviews totaled 75 questionnaires applied to the residents of the region.

### **1.2.3. Interviews and data tabulation**

The interviewees’ answered a questionnaire structured as topics aimed at the development of the Operative Plans for Preventing and Fighting Forest Fires (Santopuoli et al., 2017). This plan contains 38 questions divides into two large groups: Sociodemographic and Assimilation Relative to the Fire Theme. The second group approach questions about fire use and its impacts on the environment, as well as the knowledge about fire and related politics. The questions can be classified as discursive and multiple choice (yes/no or Likert scale from 1 to 9). We used the Likert scale as a measure to establish the interviewees’ level

of knowledge. Overall, this questionnaire approaches the perception of wildfires' risk, as well as the occurrence of potential and damage to natural resources. This methodology considers that interviewees are stakeholders and decision-makers responsible for wildfires (Santopouli et al., 2017). After collecting the interview data, we organized and categorized the answers according to pre-established classes for each question.

#### **1.2.4. Analytical procedures**

We tested the hypothesis about individuals with access to wildfires information consider fires as a problem in this region. For this, we performed a Qui-Square test between the knowledge about wildfires and the perception of fire as a problem. Here, we considered the three questions on wildfires' knowledge as only one variable (if the interviewee has already participated in courses or an activity related to the fire theme; if acted or acts as a volunteer in forest fires; and if they know any techniques for fighting or preventing forest fires), being computed only one time. We compute the p-value by Monte Carlo simulation (based on 10000 replicates) to solve the problem of the sampling size. For this procedure, we considered only the questionnaires in which all four questions were answered, totalizing 72 replicates. Also, we described the interviewees' opinions about how they perceive wildfires occurrences (negative, positive, or depend). Then, we tested the hypothesis about the perception of wildfires' risk is major in rural zones, assuming the premise that fire use in this region is correlated with the physical environment. For this, we used two questions answered in Likert scale: i) what is the risk of forest fires that occur in rural areas? (ii) What is the risk of forest fires that occur near urban areas? We tested this hypothesis using a t-test for dependent samples because we only considered the sample units in which both questions were answered by the interviewee, totaling 72 replicates. In this analysis, the differences for each sample are controlled and, therefore, we do not test the assumption of homogeneity of variance.

To evaluate the recurrent type of fire use, we analyzed the rural and urban scenarios apart. However, in this topic, it is possible to indicate until three known options by the interviewee, which means that the total of answers can overtake the number of questionnaires. We considered using all answers for evaluating this step; therefore, we compute overestimated replicates that represent the general knowledge of our sampling, describing that using bar graphs. Furthermore, we performed a descriptive analysis of wildfires' institutional management and causes. To describe the causes, we performed a percentage description,

highlighting the most mentioned category. Regarding management, we considered the four questions to understand the inhabitants' perception in relation to those responsible for fire control activities: (i) who authorizes or releases the use of fire in the countryside? (ii) Who attends the occurrences of forest fires? (iii) Who should be responsible for putting out wildfires? (iv) What actions should be taken to prevent wildfires from occurring? All of these questions were classified as free and, therefore, the interviewees were free to quote one to three examples for each one. We counted all the examples and calculated the frequency in which each element appeared as responses to the questionnaires, considering each question as an independent evaluation of the interviewees' perception of wildfires management.

### **1.3. RESULTS**

We found that there is no relationship between the background knowledge and the perception about fires as a problem to this region ( $\chi^2 = 2.294$ ;  $p = 0.284$ ) although many individuals consider the fire as a problem. When we evaluated the knowledge about techniques of wildfires fighting or prevention, also be solicited that they inform us which are. Overall, a large part of interviewees unknown these techniques, but the others mentioned black firebreak and fire against fire (Table 1), being the most cited among those. Most parts of the interviewees consider the wildfires as a negative intervention (positive = 13.51%; negative = 64.86%; it depends = 21.62%). Furthermore, we found that the wildfires' risk perception it is major in rural areas ( $t = 9.674$ ;  $df = 72$ ;  $p < 0.001$ ). For the rural area, there is a consensus regarding the risk of forest fires, with the majority of respondents assigning high values to this classification (median equal to 9). In contrast, the wildfires' risk in the urban area showed a large variation in the interviewees' responses, ranging from the lowest to the highest value on the assessment scale (Figure 1). Also, we found out there are differences in fire use between urban and rural areas. Overall, fire use in urban areas stands out mainly in activities related to cooking, followed by agriculture and livestock, recreation, and trash. On the other hand, in rural areas, the main uses are concerned with agriculture and livestock, such as cleaning of cultivated areas and pasture renewal, followed by trash and cooking.

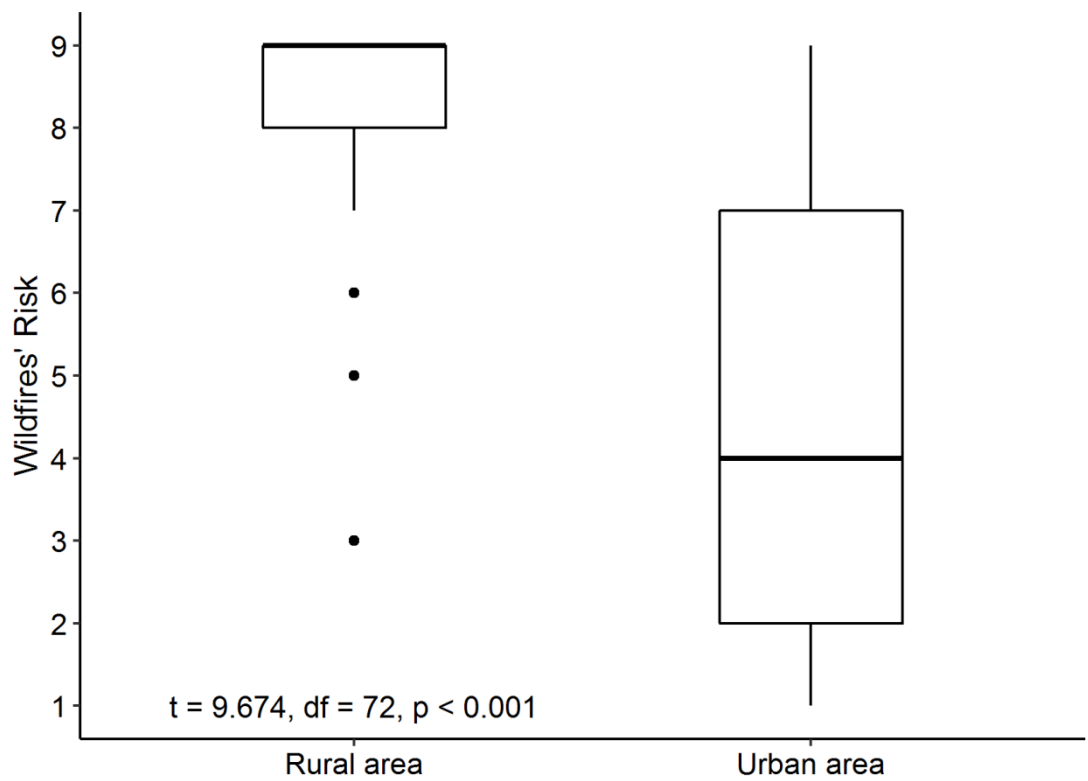


Fig. 1. Wildfires' risk assessment between rural and urban areas. Data were collected on the Likert scale (from 1 to 9), with the highest value representing a risk perception of fire as a huge problem.

Table 1. Fire against fire and Black firebreak method explanation. How these methods are applied.

| Method  | Method explanation   |
|---|--|
| <p style="text-align: center;">Fire against fire<br/>(Fogo contra fogo)</p> | <p style="text-align: center;">It consists of lines of fire along other fronts of fire and allow it to spread only against the wind and meet the focus to be fought. On flat or slightly curled terrain the fire is placed in lines perpendicular to the wind direction; on terrain with a higher slope, the fire must be placed to propagate down the mountain.</p> |
| <p style="text-align: center;">Black firebreak</p>                          | <p style="text-align: center;">It consists of establishing vegetation burning in a strip where the fire front would go. This method, in the context, is usually established in transitional areas between pasture / plantations for other land uses.</p>   |

The interviewees consider human activities as the main cause of wildfires (80.82%), and the rest of them said they did not know who is responsible. Regarding institutional management, we assessed the interviewees' perceptions through four questions. Overall, most said that they do not know a body that is responsible for authorizing fires (83.56%; Fig. 2A), followed by a portion that stated that this entity does not exist. Others indicated the PREVFOGO, the state, and the community as responsible for the authorization. We also found that most consider PREVFOGO to be responsible for responding to forest fire occurrences (64%; Fig. 2B), while the second majority says do not know. A small portion indicated firefighters and volunteers as responsible for responding to these occurrences. Regarding the point of view of who should be responsible for putting out forest fires, there was also a division between the responses. There is a small difference in the number of responses indicating Prevfogo and the firefighters, with the community and the municipality being considered responsible for putting out fires by most respondents (Fig. 2C). However, a large portion did not know who was responsible for fighting the fires, and a small number indicated the state. Finally, most respondents indicated environmental education as an efficient action to reduce forest fires (37.5%), followed by PREVFOGO's inspection and action (Fig. 2D).

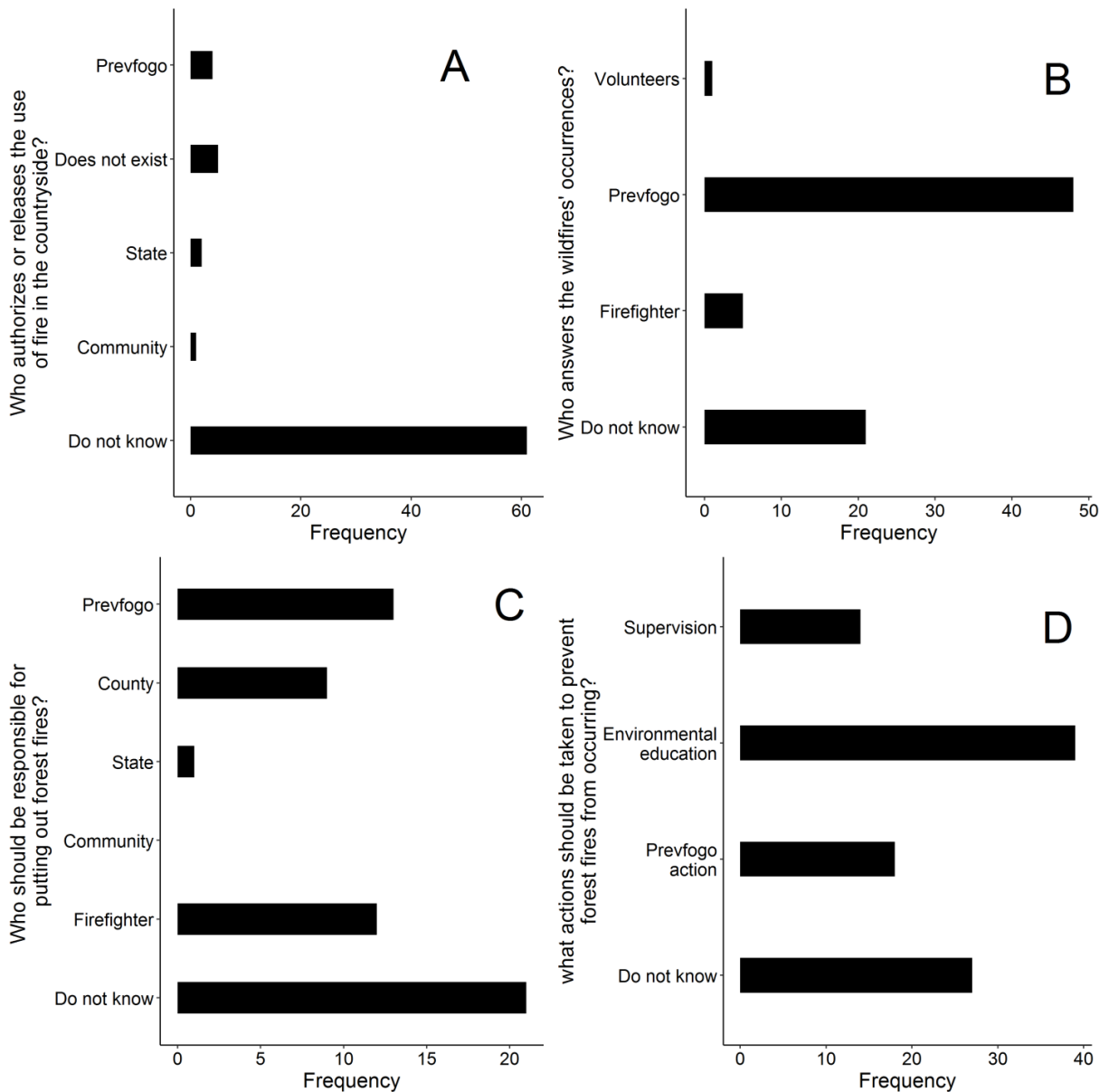


Fig. 2. A descriptive evaluation of the institutional management of forest fires: (A) do you know if there is any organ that authorizes the burning? (B) Who answers the occurrences of forest fires? (C) Who should be responsible for putting out forest fires? (D) What actions should be taken to prevent forest fires from occurring? Data are evidenced by the frequency of interviewees' responses.

#### 1.4 DISCUSSION

The observed result contradicts the original premise that individuals with a higher level of knowledge about forest fires would have a greater perception of the risk of burning. However, we also observed a large gap in knowledge about approaches to fighting forest fires, which may indicate that the effort applied in the region is still not enough to change the inhabitants' perception about the risk of these events. Several studies try to understand the

aspects that shape the perception of individuals and modify the cultural behavior of the community (Ofoegbu and Speranza, 2017; Pereira and Bastos, 2019; Wartenberg et al., 2018), but studies interested in assessing the impact of the wildfires are more related to the effects on biodiversity and the environment (Arruda et al., 2018). Most studies on wildfires in the Cerrado region ignore social and cultural aspects as important elements to describe the impact of fire (Deus and Oliveira, 2016; Vieira and Briani, 2013). We cannot ignore the idea that these variables may not fully explain the perception of the risk of fire. For example, the cultural transfer can directly contribute to building a broader perception (Falleiro et al., 2016; Wilson et al., 2017). These different sources of knowledge can function as layers of information that structure the perception of each individual. However, the social approach associated with forest fires presents a knowledge gap despite being an important variable to be analyzed (Ferrara et al., 2016), as well as the socioeconomic effect (Kosmas et al., 2016) and sociocultural (Nunes and Martins, 2018; Santopuoli et al., 2017). Potentially, the study of social, cultural, economic, and educational aspects can be better described when considering different educational sources. Therefore, we establish a hypothesis a posteriori that these elements alone can have a percentage of explanation, but that the overlap of knowledge can be a decisive factor in the elaboration of individual perception, with emphasis on variables that we did not include in this research.

Although the background knowledge on wildfires does not explain the perception of fires, the results that assess perception in isolation present a different perspective. The results suggest that the Kalungas largely consider forest fires to be a negative interference for the region and that the risks of burning are more worrying in rural areas. This may indicate that the knowledge acquired through these approaches is not so significant for the formation of the individual's perception, but that the inhabitants of the community already have an idea of the risk associated with fires. This perception differs between urban and rural regions, and this may be related to the cultural use of fire, the potential risk of major events, the absence of a safeguard structure, and demographic isolation (Pivello, 2011). The cultural use of fire in rural areas is often associated with large-scale burning, for example, pasture renewal that reaches large areas and spreads quickly due to the flammability of grasses in the Cerrado (Simpson et al., 2016). This type of burning can have major consequences for biodiversity (Hartiningtias et al., 2020; Loiola et al., 2010), causing some organisms to disperse to areas of refuge, reducing ecosystem functions in the burned area (Pausas and Keeley, 2019). Despite the evidence regarding the effect of fire on biodiversity, this approach was not included to assess

the perception of respondents; however, the lack of support about what formed a perception of risk on fires highlights the need to formulate new hypotheses to understand the evidence observed in this study, including the effects of fire on biodiversity as a potential explanatory variable.

Interviewees describe different categories of fire use between urban and rural areas. Among the uses reported for the rural region, we highlight clean farmland, pasture renewal, and burning of garbage. These three categories stand out for their potential for spreading and spreading fire and, consequently, may have been important information to determine the perception of high risk for rural regions. We believe that this type of assessment takes into account the previous experience of each interviewee and does not directly assess the perception of the risk of forest fires. However, the assessment of institutional management translates legal knowledge about fires, as well as the perception of individuals. We found a wide variation in the respondents' responses to this assessment, showing a potential confusion about fire management at Historical Site and Cultural Heritage Kalunga. These observed uncertainties are common in qualitative studies involving people (Teixeira et al., 2018); however, several studies apply intervention proposals to reduce the disparity between individuals and mitigate the lack of knowledge observed in a given group (Caballero-serrano et al., 2017; Chan et al., 2018; Pereira and Bastos, 2019). Another important point of view is the changes in legislation. Between Decree nº 6514, article 58 that established the permissiveness of the fire use through the approval of a competent body and was regulated by the Ordinance of the Ministry of the Environment nº 345 of 1999 until the current legislation of Law 12.651, Native Vegetation Protection Law, that in chapter IX it establishes that the fire could be used in Conservation Units (Brancalion et al., 2016). This legal framework oscillation for the wildfires' authorization can hide the dissemination of more accurate knowledge on the topic, which may cause a certain uncertainty about those responsible for this management.

## **1.5. CONCLUSION**

The evidence observed in this study provides an overview of the perception of the risk of forest fires for the inhabitants of Historical Site and Cultural Heritage Kalunga but does not present conclusions about the mechanisms that are directly related to the formulation of these perceptions. Overall, it is clear that the standardization of the fire theme is extremely complex for the different actors involved, making it difficult for knowledge to be diffused throughout

the community. This is evident when assessing the interviewees' knowledge about the institutional management of forest fires, but that the perception per se presents a better-structured consensus among the interviewees. Therefore, we conclude that new approaches are needed to investigate the mechanisms that shape the formation of individuals' perceptions, and that the occurrence of forest fires is more worrying for rural areas, which can direct planning actions aimed at inhabitants of these regions.

## 1.6. REFERENCES

Baiocchi, MDN. Relatório técnico científico para demarcação do sítio histórico. *Goiania: UFG*. 1990.

Brancalion PHS, Garcia LC, Loyola R, Rodrigues RR, Pillar VD, Lewinsohn TM. Análise crítica da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (2012), que substituiu o antigo Código Florestal: atualizações e ações em curso. *Natureza & Conservação*. 2016; 14, 1–16. doi.org/10.1016/j.ncon.2016.03.004

Caballero-serrano V, Alday JG, Amigo J, Caballero D, Carrasco JC, McLaren B, et al. Social Perceptions of Biodiversity and Ecosystem Services in the Ecuadorian Amazon. *Human Ecology*. 2017; 45(4), 475–86. doi.org/10.1007/s10745-017-9921-6

Campos M, Velázquez A, Verdinelli GB, Priego-santander GÁ, McCall MK, Boada M. Rural People's Knowledge and Perception of Landscape: A Case Study From the Mexican Pacific Coast. *Society and Natural Resources*. 2012; 25(8), 759–774. doi.org/10.1080/08941920.2011.606458

Chan EYY, Lam HCY, Chung PPW, Huang Z, Yung TKC, Ling KWK., et al. Risk Perception and Knowledge in Fire Risk Reduction in a Dong Minority Rural Village in China: A Health-EDRM Education Intervention Study. *International Journal of Disaster Risk Science*. 2018; 9(3), 306–18. doi.org/10.1007/s13753-018-0181-x

Deus FF, Oliveira PE. Changes in floristic composition and pollination systems in a “Cerrado” community after 20 years of fire suppression. *Brazilian Journal of Botany*. 2016; 39(4), 1051–1063. doi.org/10.1007/s40415-016-0304-9

Falleiro RDM, Santana MT, Berni CR. As contribuições do manejo integrado do fogo para o

controle dos incêndios florestais nas terras indígenas do Brasil. Biodiversidade Brasileira – BioBrasil. 2016; (2), 88–105.

Ferrara A, Kelly C, Wilson GA, Nolè A, Mancino G, Bajocco S, et al. Shaping the role of “fast” and “slow” drivers of change in forest-shrubland socio-ecological systems. Journal of Environmental Management. 2016; 169, 155–66. doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.12.027

Fiedler NC, Merlo DA, Medeiros MB. Ocorrência de incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás. Ciência Florestal. 2003; 16(2), 153–61.

Hartiningtias D, Fulé PZ, Gunawan AA. Wildfires effects on forest structure of *Pinus merkusii* in Sumatra, Indonesia. Forest Ecology and Management. 2020; 457, 117660. doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117660

Klink C A, Machado RB. Conservation of the Brazilian cerrado. Conservation biology. 2005; 19(3), 707-13.

Kosmas C, Karamesouti M, Kounalaki K, Detsis V, Vassiliou P, Salvati L. (2016). Land degradation and long-term changes in agro-pastoral systems: An empirical analysis of ecological resilience in Asteroussia - Crete (Greece). Catena. 2016; 147, 196–204. doi.org/10.1016/j.catena.2016.07.018

Loiola PP, Cianciaruso MV, Silva IA, Batalha MA. Functional diversity of herbaceous species under different fire frequencies in Brazilian savannas. Flora. 2010; 205(10), 674–81. doi.org/10.1016/j.flora.2010.04.006

McCaffrey S, Toman E, Stidham M, Shindler B. Social science research related to wildfire management: an overview of recent findings and future research needs. International Journal of Wild. 2013; 22(1), 15–24.

Myers RL. Convivendo com o Fogo-Manutenção dos ecossistemas e subsistência com o manejo integrado do fogo. The Nature Conservancy-Iniciativa Global para o Manejo do Fogo: Tallahassee, USA. 2006.

Murphy BP, Cochrane MA, Russell-smith J. Prescribed burning protects endangered tropical heathlands of the Arnhem Plateau , northern Australia. Journal of Applied Ecology. 2015; 52(4), 980–91. doi.org/10.1111/1365-2664.12455

Mistry J, Bizerril M. Why It is Important to Understand the Relationship Between People,

Fire and Protected Areas. *Biodiversidade Brasileira*. 2013; 1, 40–9.

Nascimento MAL. Geomorfologia do estado de Goiás. *Boletim Goiano de Geografia*. 1992; 12(1), 01-22.

Nunes AN, Martins B. Risk reduction education in Portuguese schools: the example of wildfires. *Territorium*. 2018; 25(II), 41–52.

Ofoegbu C, Speranza CI. Assessing rural peoples' intention to adopt sustainable forest use and management practices in South Africa. *Journal of Sustainable Forestry*. 2017; 36(7), 729–46. doi.org/10.1080/10549811.2017.1365612

Palacin L. O Século do Ouro em Goiás, 1722-1822: estrutura e conjuntura numa capitania de minas. Ucg Editora. 1994.

Pausas JG, Keeley JE. Wildfires as an ecosystem service. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2019; 17(5), 289–95. <https://doi.org/10.1002/fee.2044>

Pereira F, Bastos RP. Perceiving the invisible : Formal education affects the perception of ecosystem services provided by native areas. *Ecosystem Services*. 2019; 40, 101029. doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.101029

Pinto AR, Borges JC, Novo MP, Pires PS. Quilombos do Brasil: Segurança Alimentar e Nutricional em territórios titulados Internet. *Cadernos de Estudos Desenvolvimento Social em Debate*; 2014. [cited 2020] Available from: [https://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/brasil\\_sem\\_miseria/cadernos\\_de\\_estudos20.pdf](https://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/brasil_sem_miseria/cadernos_de_estudos20.pdf)

Pivello VR. The use of fire in the Cerrado and Amazonian Rainforests of Brazil: past and present. *Fire Ecology*. 2011; 7(1), 24–39. doi.org/10.4996/fireecology.0701024

Quintas-soriano C, Castro AJ, Castro H, García-llorente M. Impacts of land use change on ecosystem services and implications for human well-being in Spanish drylands. *Land Use Policy*. 2016; 54, 534–548.

Santopuoli G, Cachoeira JN, Marchetti M, Viola MR, Giongo M. 2017. Explore inhabitants' perceptions of wildfire and mitigation behaviours in the Cerrado biome, a fire-prone area of Brazil. *Annals of Silvicultural Research*. 2017; 41(1), 29–40. doi.org/10.12899/asr-1308

- Silveira L, Rodrigues FHG, Tereza A, Jacomo DA, Alexandre J, Filho FD. 1999. Impact of wildfires on the megafauna of Emas National Park, central Brazil. *Oryx*. 1999; 33(2), 108–14.
- Simpson KJ, Ripley BS, Christin P, Belcher CM, Lehmann CER, Thomas GH, et al. Determinants of flammability in savanna grass species. *Journal of Ecology*. 2016; 104(1), 138–148. doi.org/10.1111/1365-2745.12503
- Sodhi NS, Lee TM, Sekercioglu CH, Webb EL, Prawiradilaga DM, Lohman DJ, et al. Local people value environmental services provided by forest parks. *Biodiversity and Conservation*. 2010; 19(4), 1175–1188. doi.org/10.1007/s10531-009-9745-9
- Teixeira HM, Vermue AJ, Cardoso IM, Claros MP, Bianchi FJJA. Farmers show complex and contrasting perceptions on ecosystem services and their management. *Ecosystem Services*. 2018; 33, 44–58. doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.08.006
- Vega-garcía C, Chuvieco E. (2006). Applying local measures of spatial heterogeneity to Landsat-TM images for predicting wildfire occurrence in Mediterranean landscapes. *Landscape Ecology*. 2006; 21(4), 595–605. doi.org/10.1007/s10980-005-4119-5
- Vieira EM, Briani DC. Short-term effects of fire on small rodents in the Brazilian Cerrado and their relation with feeding habits. *International Journal of Wildland Fire*. 2013; 22(8), 1063–1071.
- Wartenberg AC, Blaser WJ, Janudianto KN, Roshetko JM, van Noordwijk M, & Six J. (2018). Farmer perceptions of plant-soil interactions can affect adoption of sustainable management practices in cocoa agroforests: a case study from Southeast Sulawesi. *Ecology and Society*, 23(1).
- Wilson GA, Kelly CL, Briassoulis H, Ferrara A, Quaranta G, Salvia R, et al. Social memory and the resilience of communities affected by land degradation. *Land Degradation & Development*. 2017; 28(2), 383–400. doi.org/10.1002/ldr.2669
- Arruda FV, Souza DG, Teresa FB, Prado VM, Cunha HF, Izzo TJ. Trends and gaps of the scientific literature about the effects of fire on Brazilian Cerrado. *Biota Neotropica*. 2018; 18(1), 1–6.



## CAPÍTULO II

### **Using an approach based on-field inspections to evaluate how landscape elements can favor the occurrence of wildfires**

Eder Dasdorianio Porfirio Junior <sup>1\*</sup>, Pablo Henrique da Silva <sup>2</sup>, Héliida Ferreira da Cunha <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Goiânia, GO-Brazil. E-mail: [ederdpjunior@gmail.com](mailto:ederdpjunior@gmail.com)

<sup>2</sup> Graduação em Estatística, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO-Brazil. E-mail: [pablosilva@discente.ufg.br](mailto:pablosilva@discente.ufg.br)

<sup>3</sup> Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária, Anápolis, GO-Brazil. E-mail: [cunhahf@ueg.br](mailto:cunhahf@ueg.br)

\* Corresponding author at: Rua 229, 95 - Setor Leste Universitário, Goiânia - GO, Brazil, 74605-090.

E-mail address: [ederdpjunior@gmail.com](mailto:ederdpjunior@gmail.com) (E. D. P. Júnior).

## **ABSTRACT**

Land-use changes may increase the human access routes and create favorable regions for the beginning of the forest fires. Based on that, our goal is to evaluate whether there is a geographical pattern that explains the size of the burnt area as a response to several facilitators of anthropogenic wildfires at the Historical Site and Cultural Heritage Kalunga. We found that the central region of the Kalunga territory is more susceptible to fires given the layout of the landscape elements, contrasting to the edge regions. On the other hand, rivers and roads are not strongly related to the burnt area, as both had a low effect size. Ultimately, we found that fires had mainly hit drier phytophysionomies than those related to watercourses (e.g. palm swamp and riparian forest). The absence of a strong relationship between the landscape variables used here and burnt areas in this region may be related to the lack of environmental variables often used for studying wildfires risk. Additionally, we argue that the addition of social and cultural aspects could assist to explain the pattern of wildfire occurrences.

Keywords: fire management, human influence, forest fires, wildfires indicators

## 2.1. INTRODUCTION

Wildfires are natural events often intensified by humans <sup>1</sup>, with short-term environmental and economic consequences, such as global carbon emissions, pollution of water bodies, fire suppression costs, and aesthetic value of the landscape <sup>2,3</sup>. Moreover, the occurrence of natural fires may exercise strong control over the structure, composition, and dynamic of biodiversity <sup>4-6</sup>, providing essential ecosystem services on the human-dominated landscapes <sup>7</sup>. However, land-use changes may facilitate wildfire occurrences, altering the frequency of those events throughout time <sup>8,9</sup>. Establishing patterns of wildfires occurrence assists in making decisions, as well as the elaboration of effective public policies in combating and preventing forest fires <sup>10,11</sup>. Therefore, it is necessary to determine the potential causes of those events to propose new wildfire management approaches at a local scale.

The increase of anthropogenic impact on natural resources highlights the need for monitoring the wildfires' occurrences worldwide <sup>12</sup>. In Savannah regions, natural fires are often caused by lightning, and its reach can be favored by the vegetation structure and the local climate <sup>13,14</sup>, but subsequent rain prevents the development of large-scale fires <sup>15</sup>. On the other hand, anthropogenic fires occur with greater frequency and intensity, hindering the resilience process to the natural balance of the system. The determination of potential wildfire facilitators may assist in the elaboration of public policies and effective actions that contribute to the creation of a legal structure for preventing new fire occurrences <sup>16</sup>. However, some indicators may be more efficient than others, and, therefore, it is necessary to evaluate those measures to establish precise criteria for the containment and management of fire across multiple scales <sup>17-19</sup>. Investigating how these elements are spatially distributed may improve our understanding of which areas are more critical for implementing or improving wildfire prevention and monitoring <sup>20</sup>.

The increase in the number of potential anthropogenic wildfire indicators can enhance landscape susceptibility, given the increased likelihood of a fire occurring. For example, land-use changes can act as wildfire facilitators, increasing the human access routes at the landscape level, which consequently may create favorable regions to ignite fires <sup>21-23</sup>. Consequently, areas that concentrate more risk elements can be considered a priority for the control of unauthorized fires <sup>24</sup>. The Historical Site and Cultural Heritage Kalunga, for instance, have elements considered critical to the wildfires' occurrence <sup>25</sup>. In this region, it is possible to observe the expansion of agriculture and livestock, roads, occupation conflicts, expansion of the urban area, and tourism, which can increase the probability of wildfires <sup>26</sup>. Investigating the spatial distribution of these elements around a burnt area can help to determine which indicators are more critical for fire occurrence <sup>27</sup>. Establishing these indicators can assist stakeholders in strategic decision-making to control the wildfire frequency through monitoring actions targeted to regions with the highest rate of risk <sup>27</sup>. This could reduce the frequency of anthropogenic fires and consequently decrease the intensity of these disturbances in the region. Therefore, there is a need to develop low-cost tools to map wildfire warning areas as a preventive monitoring action.

Inspection data around burnt areas can be used as a regional parameter to evaluate wildfires' trends <sup>27-31</sup>. Based on that, we assume that the size of the burnt area may be used as a surrogate for wildfires' susceptibility, and investigate how underlying facilitators can explain the occurrence of the fires at the Historical Site and Cultural Heritage Kalunga. We devise a conceptual model based on on-field inspections to evaluate the existence of landscape indicators that could help managers to evaluate patterns in the occurrence of fires. This approach consists of identifying the distance pattern between landscape elements that would increase the wildfires' risk in a given area. This entire context follows the central premise that anthropogenic interferences in a landscape can facilitate human access and consequently increase the probability of fires indirectly. We also tested the relationships among the burnt area and each one of the potential wildfires facilitators to understand if these metrics respond in isolation to the size of the burnt area. Ultimately, we described the main phytophysionomies hit by the fire across the study area.

## 2.2. METHOD

### *Study area*

We performed this study at the Historical Site and Cultural Heritage Kalunga, located in the northeast region of Goiás state (longitude: -47.631972; latitude: -13.101778) (Fig. 1). The region consists of 56 traditional communities distributed among the municipalities of Cavalcante, Monte Alegre, and Teresina de Goiás. Kalunga territory covers 253 thousand hectares and contains a high species diversity and high endemic index in the Cerrado of Goiás<sup>32</sup>. The entire region is segmented into communities structured according to geographical isolation and differences of resources. The climate comprises a wet and a dry season<sup>33</sup>.

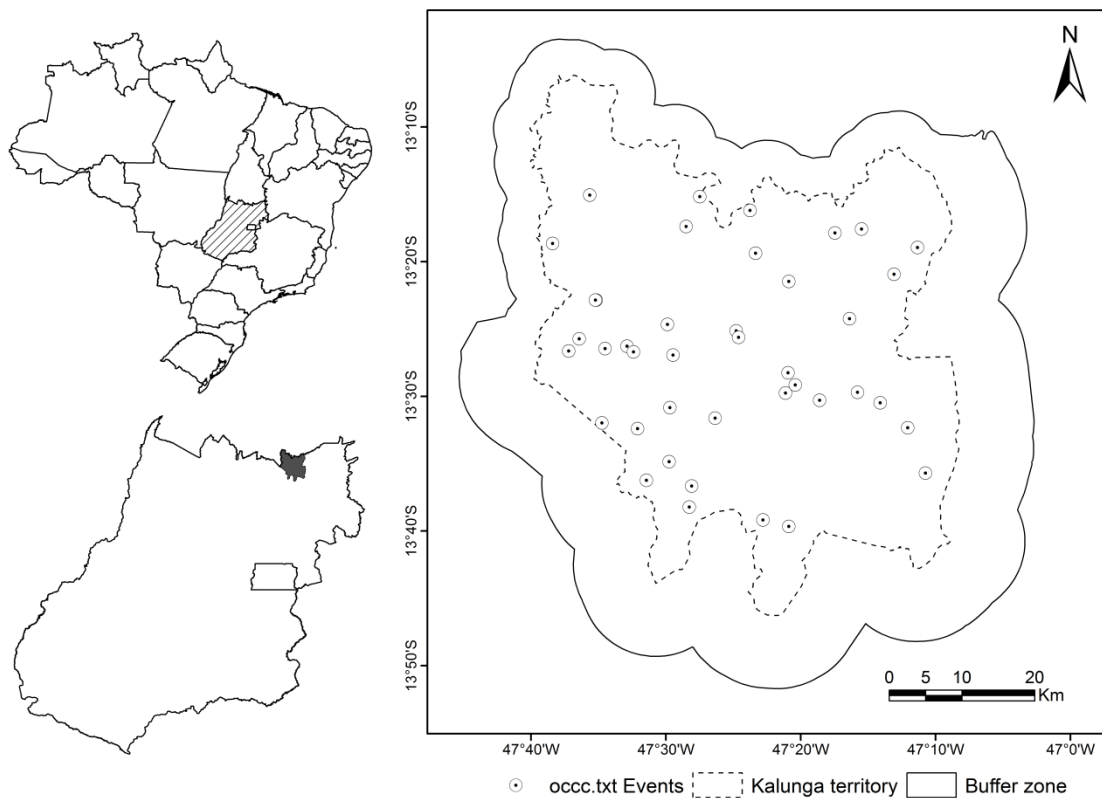


Figure 1 - Study area used for collecting the distances from the burnt area to the potential wildfires' indicators. The dashed line represents the geographical boundaries of the Historical Site and Cultural Heritage Kalunga, and the solid line represents its buffer zone. The empty circles are the samples distributed across the territory (39 samples).

## *Data collection*

The experimental design used for testing if the size of the burnt area has a relationship with potential wildfire facilitators consists of a complex sampling plan based on measures performed on-field (Fig. 2). First, we identified sampling points at the entire region as the potential samples of burnt areas. For each sample, it is determined the centroid of the burnt area, which was used to measure the distance to each nearest anthropogenic indicator. We collected these data with the expectation that it may explain the wildfires pattern in this region and potentially assist the decision-makers in defining priorities for the management of fires.

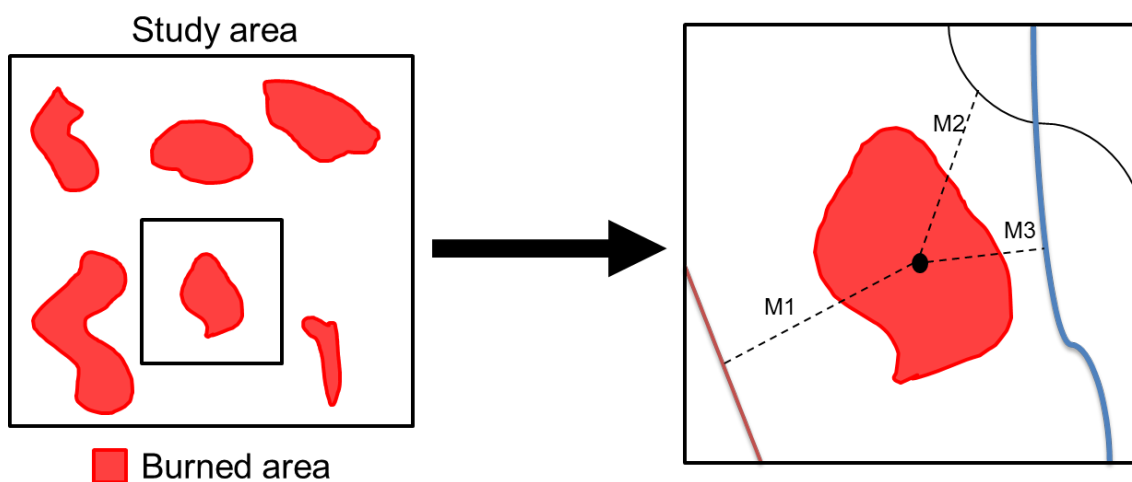


Figure 2 - Sampling plan used to collect the main metrics on-field at the Historical Site and Cultural Heritage Kalunga. The first frame presents the hypothetical distribution of fires, while the second highlight how the distances were measured. M1, M2, and M3 represent the distance from the centroid of the burnt area and the potential wildfires facilitators observed at the landscape-level.

To establish the sampling units, we firstly identified 40 hotspots registered by the AQUA M-T satellite between 2015 and 2018 across the Historical Site and Cultural Heritage Kalunga. For each sample unit, we performed the inspection in two complementary stages. First, we verified on-field the source of the burnt area and calculated the area hit by fire. Based on the range of the burnt area, we estimated the centroid for each one. Each centroid was used to measure the wildfires risk metrics established here as potential wildfire facilitators. Then, we determined the type of vegetation hit by fire, which we treated as land-use cover by including also soil exposed. Also, we measured the nearest distance between the centroid and each wildfire facilitators (see details in table 1).

Table 1 - Variables description sampled for the inspection of the wildfire causes at the Historical Site and Cultural Heritage Kalunga.

| Data   | Variables  |
|--|--|
| Satellite hotspots   | Longitude, latitude, and date  |
| Information on the burnt area  | Longitude, latitude, date, area hit by fire (ha), predominant and secondary vegetation type, and wildfire causes |
| Nearest distance in meters from the burnt area to each wildfire facilitators | Fence, house, road, trail, river, electrical network, and rural building   |

Altogether, we considered seven landscape indicators as latent variables (fence, house, road, trail, river, electrical network, rural building) for wildfires, with the potential to increase the human access routes and intensifying the human-nature interaction. We considered anthropogenic and social aspects in the selection of the landscape variables as wildfire risk indicators<sup>25,34</sup>, in addition to the information and data recurring in other fire events. For all sampling units, we measured the Euclidian distance between the burnt area and each indicator, including satellite hotspots. However, on-field difficulties made it impossible to collect all metrics. For instance, the distances calculated for trail and electrical network, not all 40 samples were measured and had to be removed from the set of latent variables to not compromise the statistical analysis.

### *Analytical procedures*

We performed a Geographically Weighted Regression (GWR) to model the relationship between the size of burnt area (dependent variable) and wildfire facilitators present in the landscape (independent variables). This spatial analysis technique assists in understanding the process behind the observed pattern, fitting a regression equation for each target across the study area. We performed a correlogram to detect multicollinearity among these variables and a stepwise regression to choose the predictors that have the better adjustment of the model according to the lowest value of the Akaike Information Criterion (AIC). We presented an ANOVA table with the parameters of the models, highlighting the fit using all exploratory variables and the better-adjusted model. The final model established by the stepwise regression was the same used in the GWR. We performed all regressions using the log-log transformation for fitting the normality of the data, and the  $R^2$  and residuals of these models could then be mapped. We evaluated the regression model through the Akaike Information Criterion (AIC). Also, we calculated the Moran Index to evaluate the spatial autocorrelation of the residuals of the GWR. We also performed Simple Linear Regressions to evaluate the relationship between the size of burnt area and each wildfire facilitator. Ultimately, we counted the number of times that each land-use cover was hit by fire on a bar graph. We performed all analytical procedures in R software<sup>35-43</sup>.

### 2.3. RESULTS

When evaluating the multicollinearity among variables, we found a high correlation between houses and buildings ( $r = 0.949$ ) (Fig. 3). The variable fences was also highly correlated with houses ( $r = 0.654$ ) and buildings ( $r = 0.630$ ). The stepwise regression results indicated that the fences variable should be removed from the general adjustment since the model with only this variable had the lowest AIC than the model with all explanatory variables (Table 1). Therefore, the GWR was performed using the remaining predictors.

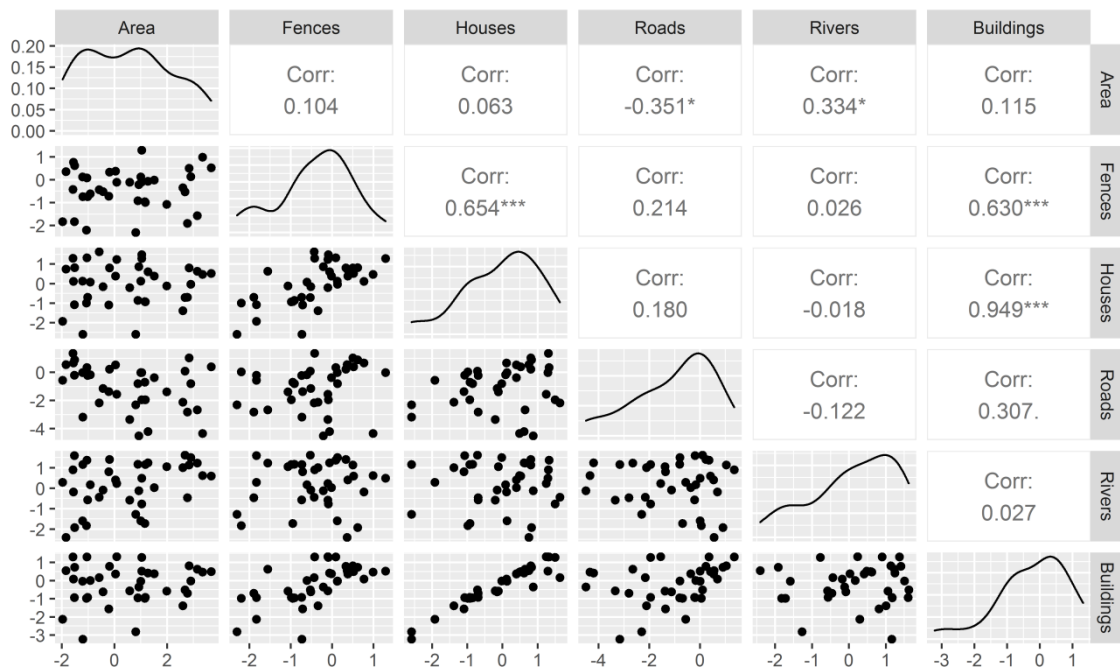


Figure 3 - Matrix of correlation with the results of the multicollinearity analysis between the dependent and independent variables before the adjustment of the GWR.

Table 1 - Table of ANOVA performed from the result of the stepwise regression, presenting the parameter of the general model with all explanatory variables and the step model with the lowest AIC. The better-adjusted model considers the removal of the fences variable (\*).

| Step    | Df | Deviance | Resid. Df | Resid. Dev. | AIC    |
|---------|----|----------|-----------|-------------|--------|
|         |    |          | 33        | 68.483      | 33.958 |
| *Fences | 1  | 1.614    | 34        | 70.098      | 32.867 |

The samples from the central region had the highest values of effect size in relation to the other areas (Fig. 4A). However, the values obtained from this analysis range from 0.39 to 0.48, highlighting that the effects of wildfire facilitators are not different across the study area. The northwest region stands out by the lowest values of effect size, followed by the northeast. Overall, the GWR presented a medium effect size for the entire region (Quasi-global  $R^2 = 0.413$ ;  $AICc = 150.044$ ). The residuals are randomly distributed in space, and the Moran's Index discards the existence of spatial autocorrelation for the GWR residuals ( $I = -0.068$ ,  $p = 0.432$ ) (Fig. 4B).

~~~~~

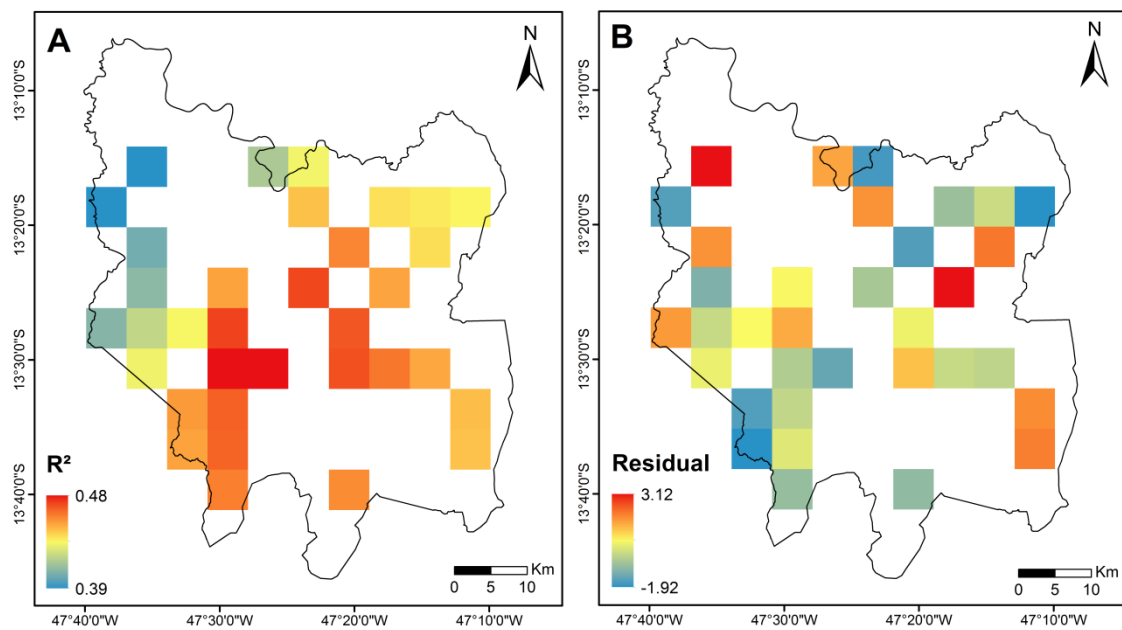


Figure 4 - Geographically Weighted Regression for evaluating the relationship between the wildfires facilitators and the amount of burnt area. The maps represent the spatial distribution of the models fitted for each cell, highlighting the values of  $R^2$  (A) and residuals (B). Each cell size has a resolution of  $\approx 5$  km cell size.

When we evaluate the relationship between each wildfire facilitators and the size of the burnt area, only roads and rivers presented a linear relationship; however, equally as for the other explanatory variables, the effect size is low (Table 2). Furthermore, we found that the land-use cover most hit by fire is the seasonal forest (n = 10), followed by dirty and clean field (n = 8). The phytophysiognomys associated with watercourses were the least affected by the fire (n = 1). Overall, dry land-use covers stand out as the phytophysiognomys were highly hit by wildfires at the Historical Site and Cultural Heritage Kalunga.

Table 2 - Summary of Linear Regression Analysis applied to evaluate the relationship between the size of burnt area and each wildfire facilitator. The variables marked by an asterisk (\*) represent the relationships that explain the size of the burnt area at the Historical Site and Cultural Heritage Kalunga.

| Landscape indicators | Estimate | Std. Error | t      | R <sup>2</sup> | p      |
|----------------------|----------|------------|--------|----------------|--------|
| Fences               | 0.199    | 0.312      | 0.639  | 0.01           | 0.526  |
| Houses               | -0.100   | 0.210      | -0.477 | 0.006          | 0.636  |
| Roads                | -0.375   | 0.164      | -2.281 | 0.123          | 0.028* |

|                 |       |       |       |       |        |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Rivers          | 0.493 | 0.228 | 2.158 | 0.111 | 0.037* |
| Rural buildings | 0.178 | 0.253 | 0.706 | 0.013 | 0.484  |

---

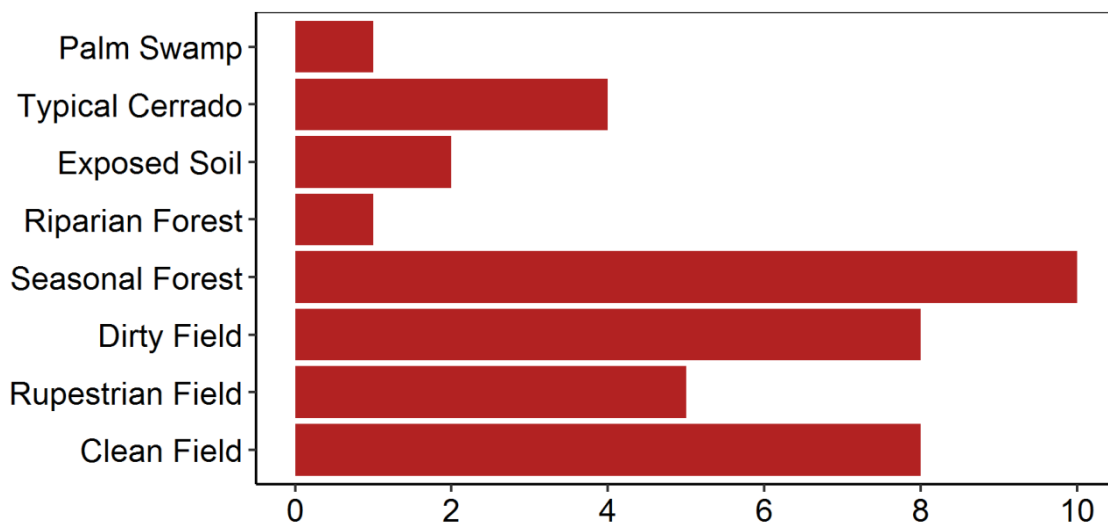


Figure 5 - Bar graph evidencing the number of times that each land-use covers was hit by fire.

## 2.4. DISCUSSION

Our main result highlights a geographical pattern in which the landscape variables better explain the size of the burnt area in the central region, whereas in the edge regions the explanatory power is lower. Overall, the explanatory power ranged from 0.39 to 0.48. The absence of a strong relationship may be related to the lack of environmental variables often used for studying wildfires risk <sup>21</sup>. However, other landscape facilitators could assist in obtaining a well-adjusted model for this mechanism, but the difficulty to sample these metrics makes a robust analysis impossible due to the absence of replicates. For instance, data like electrical networks and trails are hard to sample and mapping by methods such as Geographic Information System, due to the resolution at which the information is available. The residuals observed for the central region indicate that the model for this region is better adjusted. On the other hand, the edge cells have under- and over-predicted effect sizes. Therefore, the most precise relationship is in the central region, with the higher values of effect size and low residues. Also, other variables could improve the observed pattern of the size of the burnt area for this region. For instance, type of vegetation <sup>44,45</sup>, fire use by the community <sup>46</sup>, and social vulnerability <sup>47</sup> may be considered intrinsic variables that contribute to the wildfires risk. While the result does not indicate a strong relationship with wildfire facilitators, the areas with the highest  $R^2$  values correspond to the geographic pattern of the dry vegetation.

When investigating the associations between the size of the burnt area and each landscape indicator, we only found relationships with roads and rivers, but both with low explanatory power. Indeed, these variables stand out for being access routes often used by humans directly, and there is a large concern associated with the use of roads, given the increase in the death rate of animals <sup>48,49</sup>. Also, some studies show that several wildfires are ignited close to roads <sup>50,51</sup>, independently of land-use cover <sup>48</sup>. On the other hand, planned roads may help in combating fires, but few studies seek to understand this functionality <sup>52,53</sup>. The rivers are considered as access routes by local communities, as well as their use for leisure activities, contributing a lot to the flow of people. Despite that, most studies evaluate the risk of wildfires using variables like roads or environmental conditions, or even the landscape structure <sup>22,23</sup>. Therefore, it is possible concluding this research field is promising, and investigate this relationship at different places could assist in evaluating mechanisms behind the risk of fire.

The seasonal forest was the main phytophysiognomys hit by events of wildfires; whereas those associated with watercourses (Palm Swamp and Riparian Forest) did not stand out according to numbers. The susceptibility of each phytophysiognomy may be associated with intrinsic characteristics of vegetation <sup>54</sup>. For instance, seasonal forests can lose young plants under the canopy, selecting plants that are more resilient and resistant throughout time <sup>55,56</sup>. Also, this phytophysiognomy may represent a higher risk of fire given the amount of litter under the forest, which can be favorable for the occurrence of critical fires. For other dry phytophysiognomys also highly hit by fire, such as clean field, dirty field, and rupestrian field, a high percolation of wind might increase wildfires' reach across the vegetation <sup>57</sup>.

## 2.5. CONCLUSION

Overall, the variables inspected at the landscape level had a low effect size for all the relationships analyzed. However, it is possible that other not measured variables could improve our understanding of the pattern of wildfires occurrence at the Historical Site and Cultural Heritage Kalunga, including electrical networks and trails that were not used here due to the lack of replicates. Social and cultural aspects of the Kalunga community, as well as the fire use also could be latent variables that would influence the mechanism behind the pattern of wildfires in this region. Based on that, it is possible that association among several indicators (e.g. social, economic, environmental) may improve the explanation about the occurrence of fires and the burnt area in the Kalunga territory, as well as mapping the risk of fires for that entire region. This study showed that this method is efficient to understand the pattern of wildfires' occurrence. Therefore, replicate this approach in other locations could assist in the management and preventing forest fires, in addition to improving the projections of the wildfires risk model.

## 2.6. REFERENCES

1. Syphard AD, Keeley JE, Pfaff AH, et al. Human presence diminishes the importance of climate in driving fire activity across the United States. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2017; 114: 13750–13755.
2. Doerr SH, Santín C. Global trends in wildfire and its impacts: Perceptions versus realities in a changing world. *Philos Trans R Soc B Biol Sci*; 371. Epub ahead of print 2016. DOI: 10.1098/rstb.2015.0345.
3. Gill AM, Stephens SL, Cary GJ. The worldwide “wildfire” problem. *Ecol Appl* 2013; 23: 438–454.
4. Dantas V de L, Pausas JG, Batalha MA, et al. The role of fire in structuring trait variability in Neotropical savannas. *Oecologia* 2013; 171: 487–494.
5. Hartiningtias D, Fulé PZ, Gunawan AA. Wildfire effects on forest structure of *Pinus merkusii* in Sumatra, Indonesia. *For Ecol Manage* 2020; 457: 117660.
6. Loiola P de P, Cianciaruso MV, Silva IA, et al. Functional diversity of herbaceous species under different fire frequencies in Brazilian savannas. *Flora* 2010; 205: 674–681.
7. Pausas JG, Keeley JE. Wildfires as an ecosystem service. *Front Ecol Environ* 2019; 17: 289–295.
8. Carmo M, Moreira F, Casimiro P, et al. Land use and topography influences on wildfire occurrence in northern Portugal. *Landsc Urban Plan* 2011; 100: 169–176.
9. Viedma O, Moreno JM, Güngöröglu C, et al. Recent land-use and land-cover changes and its driving factors in a fire-prone area of southwestern Turkey. *J Environ Manage* 2017; 197: 719–731.
10. Neale T, Weir JK, McGee TK. Knowing wildfire risk: Scientific interactions with risk mitigation policy and practice in Victoria, Australia. *Geoforum* 2016; 72: 16–25.
11. Serra L, Juan P, Varga D, et al. Environmental Modelling & Software Spatial pattern modelling of wild fires in Catalonia, Spain 2004 e 2008. *Environ Model Softw* 2013; 40: 235–244.

12. Chuvieco E, Martínez S, Román MV, et al. Integration of ecological and socio-economic factors to assess global vulnerability to wildfire. *Glob Ecol Biogeogr* 2014; 23: 245–258.
13. Dowdy AJ, Mills GA. Characteristics of lightning-attributed wildland fires in south-east Australia. *Int J Wildl Fire* 2012; 21: 521–524.
14. Yang J, Weisberg PJ, Dilts TE, et al. Predicting wildfire occurrence distribution with spatial point process models and its uncertainty assessment: A case study in the Lake Tahoe Basin, USA. *Int J Wildl Fire* 2015; 24: 380–390.
15. Ramos-Neto MB, Pivello VR. Lightning fires in a Brazilian Savanna National Park: Rethinking management strategies. *Environ Manage* 2000; 26: 675–684.
16. Mockrin MH, Fishler HK, Stewart SI. After the fire: Perceptions of land use planning to reduce wildfire risk in eight communities across the United States. *Int J Disaster Risk Reduct* 2020; 45: 101444.
17. Hann WJ, Bunnell DL. Fire and land management planning and implementation across multiple scales. *Int J Wildl Fire* 2001; 10: 389–403.
18. Keane RE, Drury SA, Karau EC, et al. A method for mapping fire hazard and risk across multiple scales and its application in fire management. *Ecol Modell* 2010; 221: 2–18.
19. Morgan P, Hardy CC, Swetnam TW, et al. Mapping fire regimes across time and space: Understanding coarse and fine-scale fire patterns. *Int J Wildl Fire* 2001; 10: 329–342.
20. Tonini M, D'andrea M, Biondi G, et al. A machine learning-based approach for wildfire susceptibility mapping. The case study of the Liguria region in Italy. *Geosciences* 2020; 10: 1–18.
21. Cardille JA, Ventura SJ, Turner MG. Environmental and social factors influencing wildfires in the Upper Midwest, United States. *Ecol Appl* 2001; 11: 111–127.
22. Mancini LD, Corona P, Salvati L. Ranking the importance of Wildfires' human drivers through a multi-model regression approach. *Environ Impact Assess Rev* 2018; 72: 177–186.
23. Syphard AD, Radeloff VC, Keeley JE, et al. Human influence on California fire regimes. *Ecol Appl* 2007; 17: 1388–1402.

24. Vallejo-Villalta I, Rodríguez-Navas E, Márquez-Pérez J. Mapping forest fire risk at a local scale—A case study in Andalusia (Spain). *Environments*; 6. Epub ahead of print 2019. DOI: 10.3390/environments6030030.
25. Ratter JA, Bridgewater S. The Brazilian Cerrado Vegetation and Threats to its Biodiversity. *Ann Bot* 1997; 80: 223–230.
26. Seijo F, Godoy MM, Guglielmin D, et al. Conflicting Frames about Ownership and Land Use Drive Wildfire Ignitions in a Protected Conservation Area. *Environ Manage* 2020; 65: 448–462.
27. Coops NC, Hermosilla T, Wulder MA, et al. A thirty year, fine-scale, characterization of area burned in Canadian forests shows evidence of regionally increasing trends in the last decade. *PLoS One* 2018; 13: 1–19.
28. Andela N, Morton DC, Giglio L, et al. A human-driven decline in global burned area. *Science* (80-) 2017; 356: 1356–1362.
29. Brennan J, Gómez-Dans JL, Disney M, et al. Theoretical uncertainties for global satellite-derived burned area estimates. *Biogeosciences* 2019; 16: 3147–3164.
30. Catarino S, Romeiras MM, Figueira R, et al. Spatial and temporal trends of burnt area in angola: Implications for natural vegetation and protected area management. *Diversity* 2020; 12: 1–22.
31. Kato A, Thau D, Hudak AT, et al. Quantifying fire trends in boreal forests with Landsat time series and self-organized criticality. *Remote Sens Environ* 2020; 237: 1–12.
32. Baiocchi, Mari de Nasaré, 1996. Kalunga – A sagrada terra. *Revista da Faculdade de Direito da UFG*, v. 19-20, n.1, p.107-120.
33. Klink CA, Machado RB. Conservation of the Brazilian cerrado. *Conserv Biol* 2005; 19: 707--713.
34. Chuvieco E, G.Congalton R. Application of remote sensing and geographic information systems to forest fire hazard mapping. *Remote Sens Environ* 1989; 29: 147–159.
35. Hijmans RJ. raster: Geographic Data Analysis and Modeling, <https://cran.r-project.org/package=raster> (2020).

36. Schloerke B, Cook D, Larmarange J, et al. GGally: Extension to ‘ggplot2’, <https://cran.r-project.org/package=GGally> (2021).
37. Bivand R, Yu D. spgwr: Geographically Weighted Regression, <https://cran.r-project.org/package=spgwr> (2020).
38. Wickham H, François R, Henry L, et al. dplyr: A Grammar of Data Manipulation, <https://cran.r-project.org/package=dplyr> (2021).
39. Venables WN, Ripley BD. Modern Applied Statistics with S. Fourth. New York: Springer, <http://www.stats.ox.ac.uk/pub/MASS4/> (2002).
40. Bivand R, Wong DWS. Comparing implementations of global and local indicators of spatial association. *TEST* 2018; 27: 716--748.
41. Fox J, Weisberg S. An {R} Companion to Applied Regression. Third. Thousand Oaks {CA}: Sage, <https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/> (2019).
42. Team RC. R: A Language and Environment for Statistical Computing, <https://www.r-project.org/> (2021).
43. Wickham H. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York, <https://ggplot2.tidyverse.org> (2016).
44. Calviño-Cancela M, Chas-Amil ML, García-Martínez ED, et al. Interacting effects of topography, vegetation, human activities and wildland-urban interfaces on wildfire ignition risk. *For Ecol Manage* 2017; 397: 10–17.
45. Massetti A, Rüdiger C, Yebra M, et al. The Vegetation Structure Perpendicular Index (VSPI): A forest condition index for wildfire predictions. *Remote Sens Environ* 2019; 224: 167–181.
46. Chokkalingam U, Suyanto, Permana RP, et al. Community fire use, resource change, and livelihood impacts: The downward spiral in the wetlands of southern Sumatra. *Mitig Adapt Strateg Glob Chang* 2007; 12: 75–100.
47. de Diego J, Rúa A, Fernández M. Designing a Model to Display the Relation between Social Vulnerability and Anthropogenic Risk of Wildfires in Galicia, Spain. *Urban Sci* 2019; 3: 32.

48. Ricotta C, Bajocco S, Guglietta D, et al. Assessing the influence of roads on fire ignition: Does land cover matter? *Fire* 2018; 1: 1–9.
49. Silva I, Crane M, Savini T. High roadkill rates in the Dong Phrayayen-Khao Yai World Heritage Site: conservation implications of a rising threat to wildlife. *Anim Conserv* 2020; 23: 466–478.
50. Abdi O, Kamkar B, Shirvani Z, et al. Spatial-statistical analysis of factors determining forest fires: A case study from Golestan, Northeast Iran. *Geomatics, Nat Hazards Risk* 2018; 9: 267–280.
51. Fusco EJ, Abatzoglou JT, Balch JK, et al. Quantifying the human influence on fire ignition across the western USA. *Ecol Appl* 2016; 26: 2388–2399.
52. Laschi A, Foderi C, Fabiano F, et al. Forest road planning, construction and maintenance to improve forest fire fighting: a review. *Croat J For Eng J Theory Appl For Eng* 2019; 40: 207–219.
53. Thompson MP, Gannon BM, Caggiano MD. Forest roads and operational wildfire response planning. *Forests* 2021; 12: 1–11.
54. Klink CA, Sato MN, Cordeiro GG, et al. The role of vegetation on the dynamics of water and fire in the cerrado ecosystems: Implications for management and conservation. *Plants* 2020; 9: 1–27.
55. Dantas VDL, Pausas JG. The lanky and the corky: Fire-escape strategies in savanna woody species. *J Ecol* 2013; 101: 1265–1272.
56. Hoffmann WA, Geiger EL, Gotsch SG, et al. Ecological thresholds at the savanna-forest boundary: How plant traits, resources and fire govern the distribution of tropical biomes. *Ecol Lett* 2012; 15: 759–768.
57. Boboulos M, Purvis MRI. Wind and slope effects on ROS during the fire propagation in East-Mediterranean pine forest litter. *Fire Saf J* 2009; 44: 764–769.

## CAPÍTULO III

### **Modelagem de incêndios no cerrado: estudo de caso no Sítio Histórico e Patrimônio Cultural Kalunga**

Eder Dasdoriano Porfirio Junior<sup>1\*</sup>, Guilherme Luiz Rissate, Héliida Ferreira da Cunha, Pablo Henrique da Silva<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Goiânia, GO-Brazil.  
E-mail: [ederdpjunior@gmail.com](mailto:ederdpjunior@gmail.com)

#### **RESUMO**

O início e a propagação de incêndios, cuja ocorrência no Brasil tem maior frequência próximo aos meses de julho e setembro, dependem de fatores sociais e ambientais. Nos últimos anos, estes fatores têm sido considerados para a elaboração de análises no intuito de auxiliar na tomada de decisão para otimizar o combate a incêndios e avaliar potenciais impactos. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo apresentar um estudo de caso, elaborado usando apenas dados públicos e *softwares* livres, que consiste na simulação de um incêndio iniciado em um assentamento rural em estruturação denominado PA Diadema/GO, localizado próximo à área de proteção ambiental Pouso Alto/GO, ambos com sobreposição geográfica em relação ao território quilombola Kalunga, em Goiás. Os resultados do modelo indicam que o tempo necessário até que a APA seja afetada é de 7 horas, tempo máximo para a mobilização das brigadas e deslocamento até o local para extinção dos focos de incêndio antes que ocorram danos irreparáveis a esta área de grande importância ambiental. Esta análise pode ser replicada para outras áreas e usando outras combinações de parâmetros, permitindo um melhor planejamento no combate a incêndios e uma avaliação expressa sobre suas possíveis consequências.

## **ABSTRACT**

The onset and spread of fires, which occur in Brazil most frequently around July and September, depend on social and environmental factors. In recent years, these factors have been considered for the preparation of analyzes in order to assist decision-making to optimize firefighting and assess potential impacts. Therefore, this study aimed to present a case study, prepared using only public data and free software, which consists of simulating a fire started in a rural settlement in a structure called PA Diadema / GO, located close to the environmental protection area. Pouso Alto / GO, both with geographical overlap in relation to the Kalunga quilombola territory, in Goiás. The results of the model indicate that the time needed before the APA is affected is 7 hours, maximum time for the mobilization of the brigades and displacement to the location for the extinguishing of the fires before irreparable damage occurs to this area of great environmental importance. This analysis can be replicated to other areas and using other combinations of parameters, allowing for better planning in the fight against fires and an express evaluation on its possible consequences.

### **3.1. INTRODUÇÃO**

Os incêndios florestais podem ter origem em eventos naturais, contudo grande parte das vezes são provocados por atividades antrópicas, mudando as características do regime de queima (e.g. frequência, duração, sazonalidade) e, conseqüentemente, causando prejuízos ambientais e econômicos nos mais diversos contextos. O aumento na frequência de incêndios, extrapolando os padrões naturais, pode gerar perdas à biodiversidade em diversos níveis da organização biológica e, além disso, alterar os ciclos biogeoquímicos, representando conseqüências potencialmente negativas para os serviços ambientais fornecidos pela natureza (DURIGAN & RATTER, 2015; BOND & MIDGLEY, 2012).

Conhecer as causas associadas a esse tipo de perturbação auxilia na tomada de decisões, bem como na elaboração de políticas públicas efetivas no combate e prevenção a incêndios florestais (MARAVALHAS; VASCONCELOS, 2014). Para isso, é necessário ampliar o conhecimento sobre os efeitos do fogo na biodiversidade e compreender como o aumento da intensidade e frequência de incêndios florestais pode comprometer questões essenciais para a sociedade (MURPHY et al., 2015)

Um dos principais aspectos abordados pela comunidade científica é a determinação de fatores que provocam o aumento na frequência, intensidade e extensão de incêndios florestais (CAMMELLI; CODEL, 2019; FERREIRA-BARBOSA et al.; 2019; NUNES et al., 2019). Nesse caso, existem lacunas de conhecimento relacionadas com os preditores do comportamento de fogo, identificar os potenciais agentes e fatores que aumentam a ocorrência desses eventos em uma escala regional auxilia na criação de ações práticas de prevenção, manejo e contenção de incêndios (GOMES; MIRANDA E BUSTAMENTE, 2018; SCHIMDT et al., 2016). Portanto, a elaboração e disponibilização de informações relacionadas aos aspectos sociais do uso do fogo e de determinantes ambientais que podem intensificar a frequência desses eventos é fundamental para estabelecer estratégias eficazes de combate a incêndios florestais.

Por apresentar altos índices de inflamabilidade, o Cerrado apresenta enorme relevância e sensibilidade, principalmente a sua ocorrência quando realizada de forma indiscriminada (DURIGAN; RATTER, 2015). Amostras de carvão datadas entre 27.100 e 41.700 anos atrás já indicam a ocorrência de fogo no cerrado brasileiro, no entanto, os incêndios ocorriam com menor frequência do que os observados atualmente (MEDEIROS, 2002). Tais ocorrências, quando naturais, exercem papel no estabelecimento e fundamentação das savanas, e aumento da frequência de incêndios florestais na região de transição entre a floresta e savana proporciona a invasão de gramíneas nativas em ecossistemas florestais (SILVÉRIO *et al.*, 2013).

Regimes não naturais, como os estabelecidos em decorrência do crescimento e expansão de atividades agropastoris, por outro lado, promovem a destruição do bioma (SCHIMDT *et al.*, 2018; DURIGAN; RATTER, 2015). Quando analisadas em contraponto aos eventos naturais, a frequência dos incêndios antrópicos é menor e ocorre em períodos potencialmente prejudiciais. Segundo dados do INPE, as queimadas no Cerrado cresceram cerca de 44% de setembro de 2018 a setembro de 2019, atingindo cerca de 140 mil km<sup>2</sup> de área queimada, principalmente em regiões associadas à ação humana (INPE, 2019).

Eventos recentes e de impacto multicontinental evidenciam a necessidade de compreensão dos diversos aspectos relacionados ao aumento da ocorrência de incêndios florestais como um assunto de relevância mundial, principalmente pela causalidade com outros fatores preocupantes, tais como as mudanças climáticas, expansão da área urbana e conservação da biodiversidade (DURIGAN; RATTER, 2016). A realização prévia de estudos sobre o impacto dos incêndios com causa antrópica e de sua área de influência pode prover

instrumentos para que tomadores de decisão estabeleçam métodos objetivos para o controle e manejo de incêndios a longo prazo, fundamentem ações preventivas e, principalmente, tornem tais medidas replicáveis em diversas escalas.

Uma vez estabelecidos de forma clara os padrões e fatores que influenciam no alastramento dos incêndios, determinadas as variáveis e apurados os processos de forma completa, se fará possível indicar um conjunto de orientações e práticas que devem ser realizadas para evitar o aumento no número desses eventos e maximizar a implementação das ações mitigatórias.

Este trabalho tem como objetivo apresentar um estudo de caso, usando apenas dados públicos e *softwares* livres, que consiste na simulação de um incêndio iniciado em um assentamento rural em estruturação denominado PA Diadema/GO, localizado próximo à área de proteção ambiental (APA) Pouso Alto/GO, ambos com sobreposição geográfica em relação ao território quilombola Kalunga, em Goiás. O objetivo do estudo de caso foi analisar a velocidade de propagação de um incêndio florestal iniciado nos limites da área de proteção ambiental, fornecendo uma avaliação do tempo necessário para a tomada de providências quanto ao controle do incêndio antes que a área de proteção ambiental fosse atingida.

### **3.2. MATERIAL E MÉTODOS**

Primeiramente, procedeu-se a caracterização da área de estudo, possibilitando que fossem coletadas informações específicas acerca do bioma estudado e que fossem estimados os parâmetros utilizados no modelo. Nesta etapa também foram analisados os mapas da região disponibilizados pela Embrapa e pelo IBGE (IBGE, 2020), sendo possível avaliar a proximidade entre os assentamentos, as áreas quilombolas e as áreas de proteção ambiental nas proximidades.

Em seguida, foi analisado o arcabouço teórico sobre incêndios em busca dos parâmetros que mais impactam na modelagem e na simulação. Buscaram-se principalmente estudos acadêmicos com esta finalidade, com maior foco em trabalhos da literatura que tratam do Cerrado. Os parâmetros com maior impacto na dinâmica de dispersão de incêndios tiveram seus valores consultados em estações meteorológicas próximas e analisados observando-se a vegetação da área.

Posteriormente, para a simulação de incêndios propriamente dita, foi desenvolvido um programa computacional utilizando os *softwares* de uso livre Octave (versão 5.2.0) e QGIS

(versão 3.10.10) a partir dos mapas e dos parâmetros consultados nas etapas anteriores. Optou-se por utilizar apenas *softwares* e dados públicos, para que a estratégia estudada pudesse ser implementada em outros estudos de caso similares sem custos adicionais, permitindo a replicação do método por agentes governamentais, pesquisadores e pela população em geral, caso haja interesse.

### 3.1.1 Área de estudo

O Sítio Histórico e Patrimônio Cultural Kalunga (13°35'24.3" S, 47°22'49.3" W) fica localizado na região Nordeste do estado de Goiás, a 600 km de distância de Goiânia. O território Kalunga ocupa uma área de 253,2 mil hectares e constitui-se na junção dos municípios de Cavalcante-GO, Teresina de Goiás-GO e Monte Alegre-GO (Figura 1) (SILVA *et al.*, 2015).

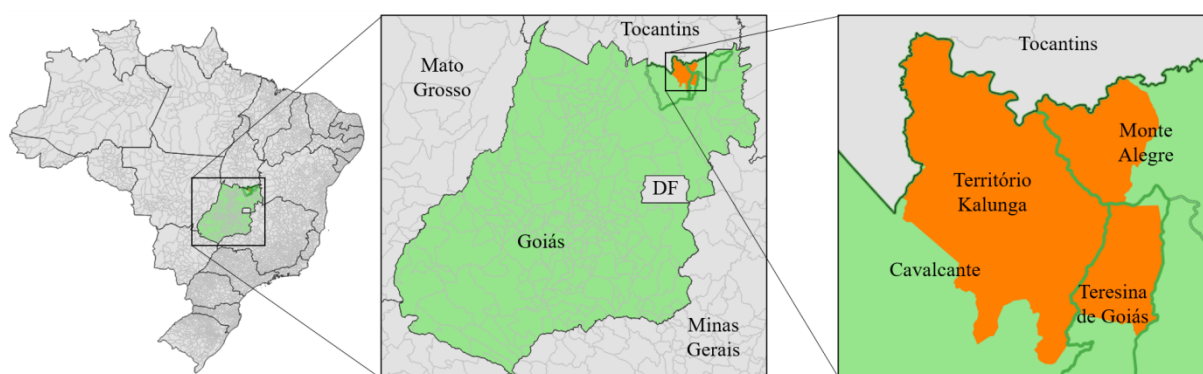


Figura 1 - Mapa de localização do Sítio Histórico e Patrimônio Cultural Kalunga. A cor laranja representa a extensão geográfica da região alvo, sobreposta com o limite dos municípios que a compõem (linha verde escura), em contraste com a contiguidade do estado de Goiás (verde) e das demais Unidades da Federação (cinza).

A comunidade Kalunga é composta por quatro núcleos populacionais: Engenho II, Vão das Almas, Vão do Moleque e Ribeirão dos Bois (ARANTES e ALMEIDA, 2012). A vegetação é formada predominantemente por Cerrado, com formações campestres e predominância de gramíneas, formações florestais, como cerradão e matas de galerias, e formações savânicas, como cerrado rupestre e parque Cerrado, onde há predominância de gramíneas e cobertura arbórea em matas de galeria (Anjos *et al.*, 2017). O clima é definido, segundo a classificação de Köppen, entre “tropical savana” e “temperado chuvoso de inverno

seco” ou “tropical sazonal”, com a estação chuvosa e quente entre os meses de outubro a abril e a estação seca e fria de maio a setembro (ANJOS et al., 2017).

Segundo dados do INMET (2020), tomando como referência estações meteorológicas próximas (Minaçu-GO e Alto Paraíso-GO), foram observadas temperaturas de ponto de orvalho da ordem de 10 °C e umidade relativa da ordem de 35% por volta das 15h00min de 15 a 21 setembro de 2020. A direção predominante do vento foi sudoeste, com velocidade variando de 1 a 3 m/s neste mesmo período. A área específica escolhida para a realização do estudo de caso se localiza na porção sudeste do território Kalunga-GO (Figura 2).

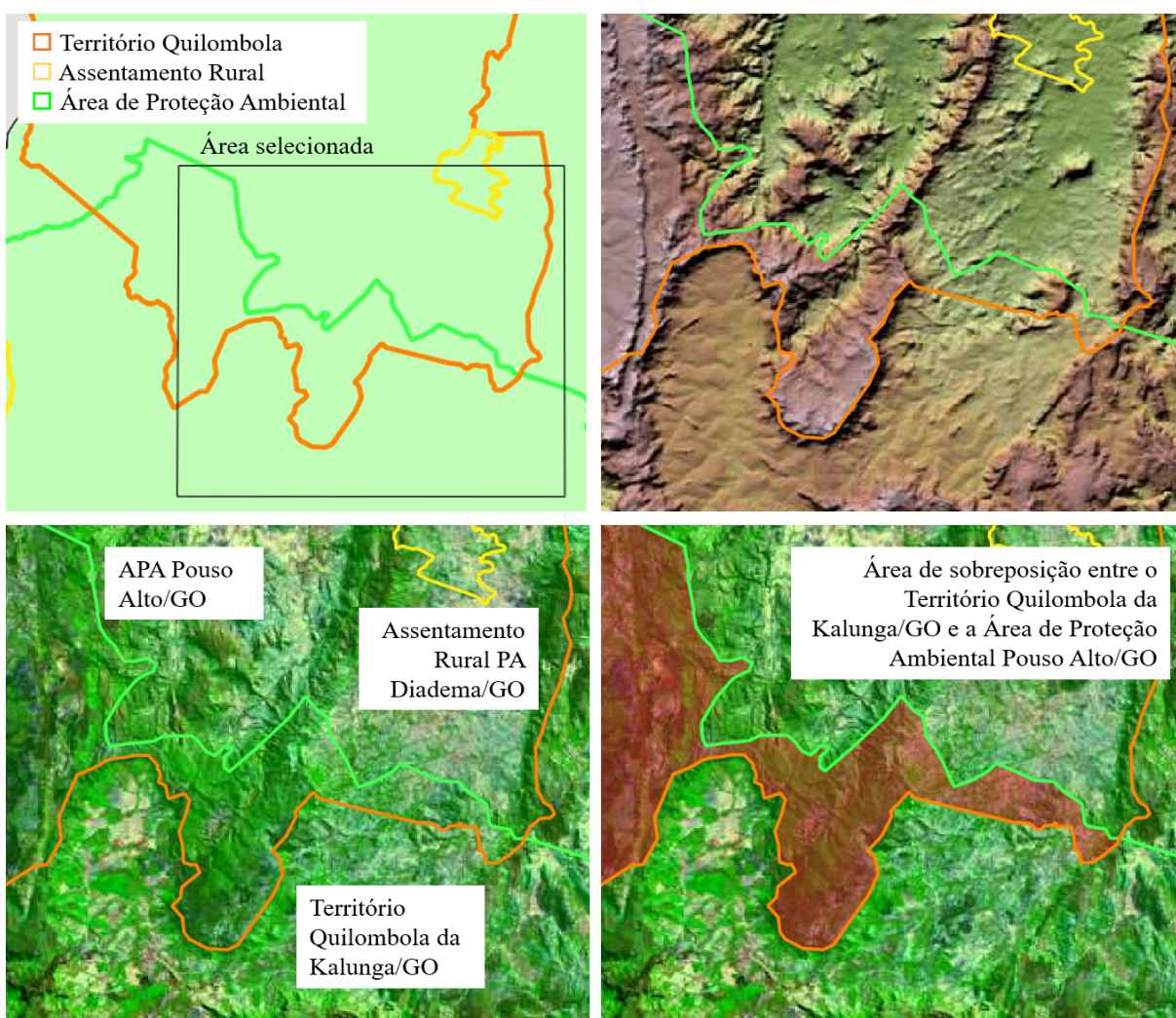


Figura 2 - Área selecionada para o estudo de caso, mapa topográfico e proximidade entre assentamento rural e área de proteção ambiental

Na área selecionada há uma região de sobreposição do território quilombola com a área de proteção ambiental do Pouso Alto-GO, sendo que o assentamento em estruturação PA

Diadema-GO se localiza a 13 km. Adiciona importância a área a proximidade entre o assentamento e a área de proteção ambiental, ambos incluídos em uma área quilombola onde já ocorreram incêndios florestais no passado (RIBEIRO e RIBEIRO, 2015). Tais fatos, em adição aos demais fatores associados à ocorrência de incêndios florestais, motivaram a escolha deste local para a simulação do tempo de propagação do fogo.

### **3.1.2. Arcabouço Teórico sobre Incêndios**

Estudos anteriores estabeleceram variáveis importantes para a ocorrência de incêndios florestais, com destaque para dois fatores que influenciam tanto eventos de origem natural quanto aqueles de origem antrópica:

- (i) aspectos constantes (e.g. material combustível, relevo e tipo de vegetação); e
- (ii) aspectos variáveis (e.g. velocidade do vento, umidade relativa e temperatura).

Diversos métodos são utilizados com o intuito de determinar áreas potenciais para a ocorrência de incêndios florestais. Dentre os fatores importantes para mensurar esse risco potencial, podem-se considerar análises da estrutura, dinâmica e função dos elementos de uma paisagem (FERNANDES *et al.*, 2011), análises temporais de séries de queima (PEZZOPANE *et al.*, 2001), avaliação do material combustível, considerando aspectos como a quantidade, umidade, inflamabilidade, continuidade e compactação (RIGOLOTTI, 1990), e análise das variações climáticas (BATISTA, 2004). Essas abordagens podem ser complementares às informações geradas por registros de focos de calor documentados, pois corroboram os riscos determinados pelas variáveis com eventos devidamente verificados (LIBONATI, 2006).

No contexto do Cerrado, mais especificamente no extremo norte de Goiás, a maioria dos fatores naturais e antrópicos, considerados como intensificadores da ocorrência de incêndios florestais, estão presentes. Observa-se o uso de técnicas tradicionais para o preparo da roça, a presença de comunidades tradicionais indígenas e quilombolas, a expansão da agricultura e pecuária, o aumento da malha viária, a ocorrência de eventos de cunho religioso, a diversidade de usos do solo, a existência de estradas e acessos vicinais, as áreas de vegetação, o crescimento demográfico e consequentes conflitos de ocupação, a expansão da área urbana, turismo, entre outros. Sendo assim, no estudo de caso, foi considerado que o início do incêndio poderia ocorrer nos limites do assentamento rural em estruturação denominado PA Diadema-GO, tomando como base o maior histórico de ocorrência de

incêndios onde há interface entre áreas utilizadas para agricultura e o bioma nativo (ALMEIDA, 2012).

Na dinâmica de alastramento do fogo, destaca-se a relação entre quatro fatores indispensáveis para avaliar a propagação dos incêndios: (i) o comburente, presente e disponível de forma generalizada; (ii) o combustível, que é tema de diversos estudos e abordagens de cunho preventivo (PEREIRA et al., 2016); (iii) o calor ou fonte de ignição, compreendidos aqui como os agentes, naturais ou antrópicos, causais da ignição; e (iv) a reação em cadeia na presença de todos os fatores. Na hipótese de que o fogo aplicado no preparo da roça seja a fonte de ignição e que o comburente (oxigênio) está disponível em abundância nas condições estudadas, o principal fator que afeta a propagação dos incêndios é a presença de material inflamável (por exemplo, lenha, pasto ou vegetação). Sendo assim, foi atribuída a este estudo de caso a velocidade de propagação do fogo igual a 0,3 m/s associado à presença de acúmulo moderado de vegetação, conforme avaliado por Almeida (2012) para o Parque das Emas-GO.

Avaliando a influência meteorológica, Torres *et al.* (2011 e 2018) chegaram à conclusão que a umidade relativa do ar e a umidade do material combustível são os principais fatores que impactam a velocidade de propagação do fogo, não encontrando evidências de correlação com a velocidade do vento (TORRES *et al.*, 2018). Sendo assim, foi considerado que a velocidade de propagação do fogo analisada para o Parque das Emas-GO seria válida para o estudo de caso, dada a similaridade entre os níveis de umidade relativa das áreas. A direção do vento, por outro lado, define como se dará a evolução do incêndio ao longo do tempo (ALMEIDA, 2012), por isso, optou-se por considerar a direção sudoeste para a simulação do incêndio. O vento nesta direção também apresenta o maior risco à APA Pouso Alto-GO, dado seu posicionamento em relação ao assentamento PA Diadema-GO.

### **3.1.3. Simulação de Incêndios**

Utilizando as informações apresentadas anteriormente, foi construído um modelo computacional em ambiente Octave (versão 5.2.0), baseado em autômatos celulares, para estimar a evolução de incêndios ao longo do tempo, dado um ponto inicial de ignição e uma grade de pontos inflamáveis e não inflamáveis. O algoritmo que representa o modelo elaborado segue as seguintes etapas:

1. Cálculo da distância de propagação do fogo, igual à velocidade de propagação multiplicada pelo tempo de análise;
2. Cálculo da área a ser queimada, utilizando a área do círculo cujo raio é a distância de propagação;
3. Cálculo do número de píxeis a serem ‘queimados’, utilizando a área queimada e a razão de metros por píxel dos mapas utilizados;
4. Início do fogo em um ponto escolhido;
5. Localização das bordas direita, esquerda, superior e inferior do(s) ponto(s) queimado(s), descontando-se os pontos não inflamáveis definidos anteriormente;
6. Sorteio de pontos aleatórios pertencentes a uma das bordas, para também serem ‘queimados’;
7. Repetição dos passos 5 e 6 até que seja ‘queimada’ a quantidade de píxeis calculada em 3.

Na programação do modelo consideraram-se que seriam ‘queimados’ a cada rodada um ponto em qualquer direção, três pontos na direção sul e um ponto na direção oeste. Esta lógica considera propagação do fogo de forma estacionária e também na direção do vento, e representa a situação de maior risco à APA Pouso Alto-GO, quando o vento se encontra na direção sudoeste, e mais especificamente na direção em que há a menor distância possível entre o assentamento rural e a área de proteção ambiental. Os rios presentes na área analisada foram considerados como não inflamáveis, tendo o potencial de conter a expansão do fogo para além de suas margens.

### **3.3. RESULTADOS**

O modelo foi rodado para horizontes temporais de 1 a 7 horas, variando de hora em hora, e foi observada uma sobreposição entre a área queimada e os limites da APA Pouso Alto-GO na sétima hora. Na Figura 3 são apresentados os resultados do modelo para 1, 3, 5 e 7 horas.

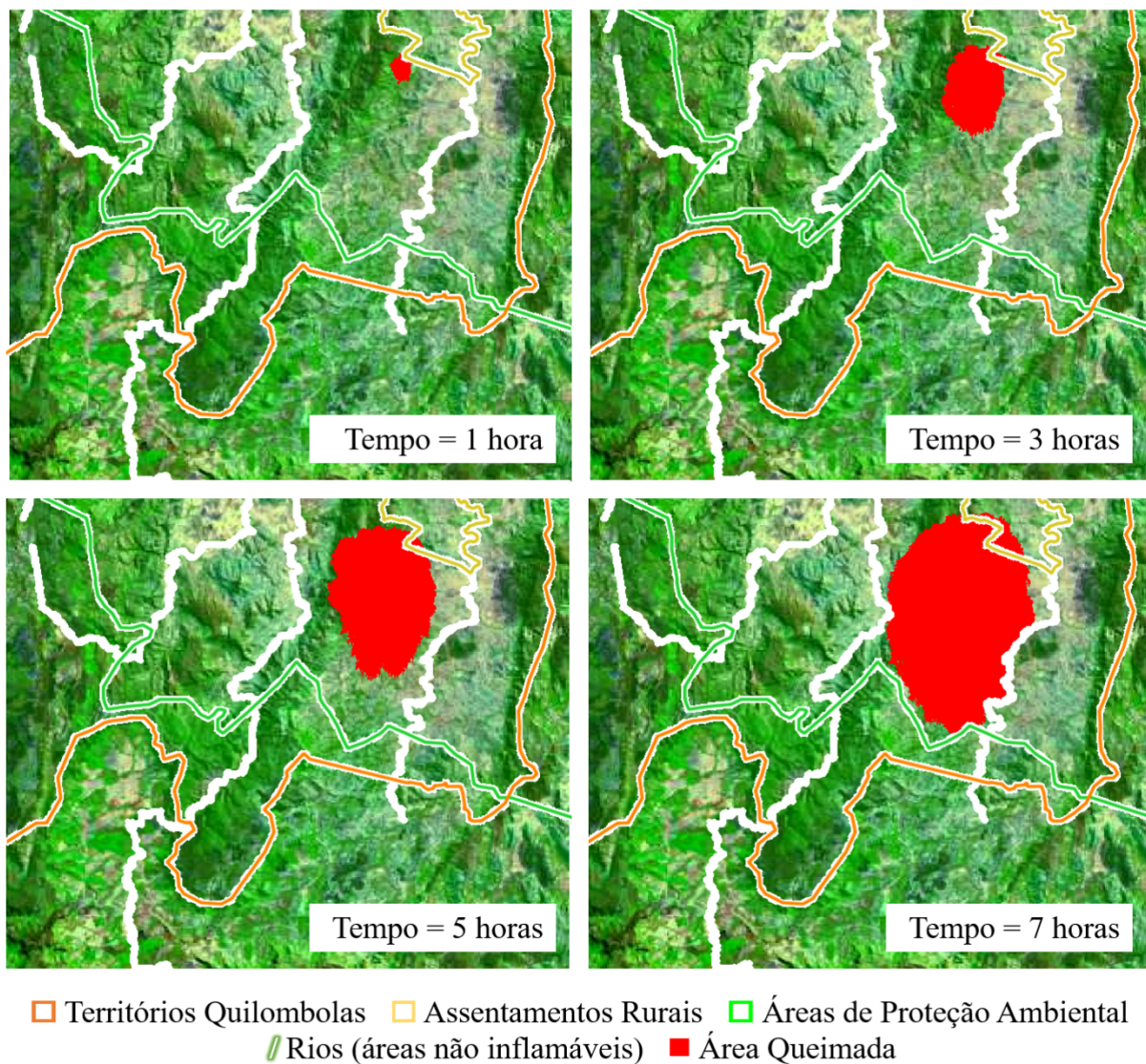


Figura 3 - Resultados do modelo para fogo com ocorrência de 1, 3, 5 e 7 horas.

Considerando os resultados da simulação, pode ser observado primeiramente que os riscos à APA Pouso Alto/GO são ampliados devido à existência de dois rios que formam um “corredor” levando da direção norte, onde se localiza a PA Diadema/GO, até a direção sul, onde está localizada a APA. Nestas condições, a PA onde ocorre a ignição seria menos afetada do que o restante do território quilombola da Kalunga/GO e possivelmente do que a APA Pouso Alto/GO, caso o incêndio se estenda além das 7 horas simuladas.

O tempo resultante de 7 horas necessário até que o incêndio alcance a área de proteção ambiental pode ser um dado importante no planejamento do combate a incêndios, visto que permite planejar melhor a mobilização das brigadas próximas para melhor mitigação dos efeitos nocivos. Além disso, a direção esperada de propagação pode ser considerada para que

sejam adotadas estratégias a jusante como, por exemplo, montar barreiras usando retardantes de chamas a sul e a do foco de ignição antes da chegada do fogo a estes pontos, para impedir sua propagação além das áreas resultantes na simulação. O tempo desde o início do incêndio até a notificação das brigadas também seria um fator importante a ser considerado na estratégia de combate ao incêndio, podendo ser avaliada a evolução desde este intervalo (caso ocorra com 1, 2, 3 ou 5 horas do início, por exemplo) até o tempo total de 7 horas apresentado para que a área de proteção ambiental seja alcançada.

Ressalte-se que o modelo utilizado apresenta diversas simplificações que podem acarretar diferenças entre os resultados e os tempos de propagação de um incêndio real. Por outro lado, este modelo tem relativa simplicidade por utilizar apenas um parâmetro de velocidade de propagação do incêndio, a direção do vento, e um mapa da área de interesse com a marcação de pontos não inflamáveis. Além disso, o modelo utiliza apenas *softwares* livres e informações disponíveis publicamente em sua concepção e formulação, o que amplia suas perspectivas de uso. Diversas rodadas podem ser realizadas considerando diferentes dados de entrada, possibilitando uma análise estatística dos resultados para a preparação de planos de ação. Os resultados, obtidos em apenas alguns minutos, podem auxiliar na tomada de decisão para evitar consequências que potencialmente se apresentarão após várias horas.

### **3.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O início e a propagação de incêndios, cuja ocorrência no Brasil tem maior frequência próximo aos meses de julho e setembro, dependem de fatores sociais, culturais, ambientais e meteorológicos. A assimilação da dependência desses fatores permite que sejam estabelecidas ações preventivas específicas para atuar, priorizar ou mesmo hierarquizar as atividades e métodos de prevenção.

Assim, conclui-se que a previsão da ocorrência de incêndios florestais é, em muitos casos, imprecisa até elementos antrópicos que causam e/ou intensificam a frequência desses eventos devido à diversidade de fatores envolvidos, que vão desde processos naturais do meio ambiente (combustível e fonte de ignição). Porém, nos últimos anos, as ferramentas de modelagem e simulação computacional têm auxiliado na obtenção de dados no intuito de auxiliar na tomada de decisão para otimizar o combate a incêndios e avaliar potenciais impactos.

Os resultados do modelo indicam que o tempo necessário até que a APA seja afetada é de 7 horas, tempo máximo para a mobilização das brigadas e deslocamento até o local para extinção dos focos de incêndio antes que ocorram danos irreparáveis a esta área de grande importância ambiental. Esse modelo apresenta simplificações que podem acarretar diferenças entre os resultados e os tempos de propagação de um incêndio real, por outro lado, utiliza apenas *softwares* livres e informações disponíveis publicamente em sua concepção e formulação, o que amplia suas perspectivas de uso. O único parâmetro utilizado diz respeito à velocidade de propagação do incêndio, portanto este valor poderia ser analisado para cada bioma e situação meteorológica, ou calibrado com base em dados de incêndios passados, visando maior precisão dos resultados. Esta análise pode ser replicada para outras áreas e usando outras combinações de parâmetros, permitindo um melhor planejamento no combate a incêndios e uma avaliação expressa sobre suas possíveis consequências.

Por fim, ressalta-se a importância do preparo dos agentes com base em simulações e planos de ação para que os incêndios no Cerrado possam ser combatidos com maior eficiência, principalmente considerando que a época do ano na qual sua frequência aumenta já é conhecida, e que os efeitos do aquecimento global podem vir a ampliar ainda mais esta ocorrência. Neste sentido, modelos computacionais como o apresentado neste trabalho podem se mostrar bastantes úteis para otimização dos esforços com mínimo custo e máxima mitigação de efeitos nocivos.

### 3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Barlow J, Parry L, Gardner T.A, Ferreira J, Aragão L.E.O.C, Carmenta R. 2012.** The critical importance of considering fire in REDD+ programs. *Biological Conservation* 2012; 2012(154): 1-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2012.03.034>.

**Bieter, F.L., da Silva, R. A. & Nora, G.D. 2020.** REnCiMa – Revista de Ensino de Ciências e Matemática, Edição Especial, v. 11, n.2, p. 144-157. [doi.org/10.26843/rencima](https://doi.org/10.26843/rencima). eISSN: 2179 – 426X

**Borges T.S, Fiedler NC, Santos A.R, Loureiro E.B, Mafia R.G.2011.** Desempenho de alguns índices de risco de incêndios em plantios de eucalipto no norte do Espírito Santo. *Floresta e Ambiente* 2011; 18(2): 153-159. <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2011.033>.

**Cammelli, F. & Coudel, E .2019.** Smallholders' Perceptions of Fire in the Brazilian Amazon: Exploring Implications for Governance Arrangements. *Human Ecology*, Aug 2019, Vol.47(4), pp.601-612. DOI: 10.1007/s10745-019-00096-6

**Durigan, G. & Ratter, J. A. 2016.** The need for a consistent fire policy for Cerrado conservation. *Journal of Applied Ecology*, 53, 11–15. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12559>

**Fernandes M.C., Coura P.H.F., Sousa G.M., Avelar A.S.2011.** Avaliação geoecológica de Susceptibilidade à ocorrência de incêndios no estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Floresta e Ambiente* 2011; 18(3): 299-309. <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2011.050>.

**Ferreira-Barbosa, M.; Teodoro, P., Correia; T., Rodrigues, R. de A. 2019.** Occurrence of fire foci under different land uses in the State of Amazonas during the 2005 drought. *Environment, Development and Sustainability* [1387-585X] Ferreira Barbosa Ano:2019 v.:21 n.:6 p.:2707 -2720

**Ganteaume A, Jappiot M. 2013.** What causes large fires in Southern France. *Forest Ecology and Management* 2013; 2013(294):76-85. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2012.06.055>.

**INPE .2018.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2018. Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios. Disponível em <http://queimadas.cptec.inpe.br>. Acesso em: 22/06/2018.

**Maravalhas, J., & Vasconcelos, H. L. 2014.** Revisiting the pyrodiversity-biodiversity hypothesis: Long-term fire regimes and the structure of ant communities in a Neotropical savanna hotspot. *Journal of Applied Ecology*, 51, 1661–1668. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12338>

**Nunes, L., Álvarez-González, J., Alberdi, I., Silva, V., Rocha, M. Rego, F.2019.** Analysis of the occurrence of wildfires in the Iberian Peninsula based on harmonised data from national forest inventories. *Annals of Forest Science*, 2019, Vol.76(1), pp.1-17

**Paz S, Carmel Y, Jahshan F, Shoshany M. 2011.** Post-fire analysis of pre-fire mapping of fire-risk: a recent case study from Mt. Carmel (Israel). *Forest Ecology and Management* 2011; 2011(262): 1184-1188. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2011.06.011>.

**Pereira, A.A.; Teixeira, R.L.; Melchiori, E.A.; Carvalho, L.M.T. 2016.** Avaliação de índices espectrais para identificação de áreas queimadas no cerrado utilizando dados LandSat TM. *Rev. Bras. Cartogr.* 2016, 8, 1665–1680.

**Prudente, T., D., 2010.** Geotecnologias Aplicadas Ao Mapeamento De Risco De Incêndio Florestal No Parque Nacional Da Chapada Dos Veadeiros e Área De Entorno. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia – Uberlândia, MG - Instituto De Geografia, 2010.

**Schmidt I.B., Moura L.C, Ferreira M.C, 2018.** Fire management in the Brazilian savanna: First steps and the way forward. *J Appl Ecol.* 2018;00:1–8. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13118>"

**Silvério, D.V., Brando, P.M., Balch, J.K., Putz, F.E., Nepstad, D.C., Oliveira-Santos, C., Bustamante, M.M.C. 2013.** Testing the Amazon savannization hypothesis: fire effects on invasion of a neotropical forest by native cerrado and exotic pasture grasses. *Phil Trans R Soc B*, v. 368: 20120427.

**Torres, F.T.P., Ribeiro, G.A., Martins & Lima, G.S., 2011.** Correlações entre os elementos meteorológicos e as ocorrências de incêndios florestais na área urbana de Juiz de Fora, MG. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.35, n.1, p.143-150.

**Anjos, R.S.A et al., 2017.** Relatório Técnico:Ação Kalunga- Laudo da Organização Territorial. *Geobaobás*, v.1, n.1 (2017), p. 1 – 73.

**Fernandes, C. R., 2014.** *Saberes e sabores kalungas*: origens e consequências das alterações nos sistemas alimentares. 2014. 142p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, UnB), Brasília,DF.

**Almeida, R. M., 2012.** Modelagem da propagação do fogo como ferramenta de auxílio à tomada de decisão no combate e prevenção de incêndios no Parque Nacional das Emas, GO. São José dos Campos: INPE, 2012.

**INMET, 2020.** Portal do Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: < <https://portal.inmet.gov.br/> >. Acesso em outubro de 2020.

**Ribeiro, H. F.; e Ribeiro, N. V., 2015.** Análise sobre o comportamento espacial e temporal dos focos de calor no Sítio Histórico e Patrimônio Cultural Kalunga (GO). Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.

**Silva, R. de J.; Garavello, M. E. de P. E.; Navas, R.; Nardoto, G. B.; Mazzi, E. A.; Martinelli, L. A. 2015.** Transição agroalimentar em comunidades tradicionais rurais: o caso dos remanescentes de quilombo Kalunga – GO. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, SP, v. 22, n. 1, p. 591-607, 2015.

**Arantes, M.M; Almeida, M.G. 2012.** O saber fazer do povo Kalunga na conservação da biodiversidade do Cerrado em Goiás (Brasil) *Élisée, Rev. Geo. UEG - Goiânia*, v.1, n.2, p.51-70, jul./dez. 2012

## **Uma breve análise das normas federais acerca do fogo sob a perspectiva do Sítio Histórico e Cultural Kalunga com base nos dados do estudo**

### **RESUMO**

As diversas normatizações referentes ao uso, gestão e fiscalização dos eventos de fogo vegetacional ocasionam efeitos negativos recorrentes. Usando de questionários, dados referentes a perícias de incêndios florestais e informações sociais do Sítio Histórico e Cultural Kalunga, observamos como são assimilados as leis referentes ao tema. Majoritariamente, aqueles envolvidos diretamente com o fogo em atividades diárias ou recorrentes desconhecem quais são as regulamentações para o uso. Moradores de zonas rurais e urbanas desconhecem de forma semelhante a responsabilidade do estado na gestão, normatização e fiscalização dos incêndios florestais. Efeitos de leis com maior grau de severidade e aplicação por parte dos órgãos públicos responsáveis proporcionam efeito duradouro no entendimento comum, sendo seguidas como válidas normas que não mais estejam vigentes. Atuar de forma direta em ações de combate ou prevenção aos incêndios se mostrou uma ferramenta efetiva no processo de implementação das normas. Observamos que entre aqueles que melhor assimilam aspectos gerais sobre o tema estiveram em algum momento em processos de combate, capacitação ou treinamento executado pelas brigadas do IBAMA na região.

**Palavra-chave:** legislação, incêndios florestais, população tradicional

### **4.1. INTRODUÇÃO**

Eventos recentes e de impacto multicontinental evidenciam a necessidade de compreensão dos diversos aspectos relacionados ao aumento da ocorrência de incêndios florestais. Tal fato justifica-se dada a relevância mundial de incêndios florestais e, principalmente, pela casualidade com outros fatores preocupantes como as mudanças climáticas, expansão da área urbana e conservação da biodiversidade (Durigan & Ratter, 2016).

O Cerrado é uma das regiões mais atingidas, proporcionalmente, por incêndios florestais no Brasil. A fundamentação do papel do fogo no Bioma conta com vasta bibliografia. Tais trabalhos demonstram a ocorrência de fogo de origens naturais e antrópicas desde o período pré-histórico (Coutinho, 1981; Dias, 1996), o papel da queima na manutenção

e expansão de formações savânicas (Coutinho, 1982; Trollope, 1982), como causa de alterações quantitativas e qualitativas nas estruturas das comunidades de plantas, nos intervalos e intensidades de floração (Coutinho, 1982), na dinâmica populacional (Raw & Hay, 1985), na competitividade entre espécies (Whelan & Taid, 1995; Knox & Clarke, 2006), selecionando plantas com estruturas protetivas contra queima (Knapp et al., 2009), durante o fogo, nutrientes das plantas são liberados como compostos gasosos na atmosfera e depositados no solo como cinzas (Pivello & Coutinho, 1992), o pH do solo tende a crescer devida liberação de íons básicos (Knicker, 2007).

Já o efeito do fogo na matéria orgânica é altamente variável, indo desde a destruição da matéria ao seu acréscimo (González-Pérez et al., 2004), a reincidência de evento de fogo altera os processos de simbiose e metabolismos das bactérias de solo interferindo na dinâmica de nutrientes do solo (Nardoto & Bustamante, 2003), a queima pode também manter ou aumentar a quantidade de nitrogênio no solo (Nardoto & Bustamante, 2003), tendo efeito negativo direto sobre o crescimento das plantas e a mortalidade de semente mesmo que afete positivamente com a liberação de nutrientes no solo (Setterfield, 1997; Werner & Prior, 2013).

Ressalta-se que mesmo com a ampla bibliografia dos aspectos ecológicos, culturais, sociais e fitogeográficos para a formulação de leis, historicamente, não são contextualizados vários destes aspectos que envolvem fogo.

Legalmente, incêndios foram inicialmente tratados pelo primeiro Código Florestal Brasileiro, no Decreto n.º 23.793 de 1934 (Brasil, 1934), onde são proibidas qualquer forma de uso do fogo e tipifica a ação como crime no seu artigo 83, sujeitando o infrator no mais severo cenário à prisão de até três anos e multa. No Novo Código Florestal de 1965, normatizado pela Lei n.º 4.771 (Brasil, 1965), fica determinada a restrição ao fogo em formações florestais e demais vegetação, entretanto, o artigo 27, estabelecia a possibilidade, mediante autorização de ato do Poder Público em análise de peculiaridades locais, o uso do fogo para práticas agropastoris e florestais. Apenas em 1998, através do Decreto n.º 2661 (Brasil, 1998), a Lei n.º 4.771 teve o artigo 27 definitivamente regulamentado. Ficava então, por meio do Decreto n.º 2661, estabelecido a fundamentação de queima controlada, medidas preventivas, tipificação de uso do solo para emprego do fogo e ações de redução do uso do fogo a serem implementadas. Este decreto definia termos como ‘incêndios florestais’, ‘queima controlada’, ‘manejo’ e ‘pesquisa científica e tecnológica’, que surgem, no escopo dos

incêndios florestais, de forma inédita em uma legislação federal. O Decreto n.º 6514 (Brasil, 2008), especificamente no artigo 58, estabelecia a permissividade de uso do fogo mediante aprovação de órgão competente e era regulamentada pela Portaria do Ministério do Meio Ambiente n.º 345 de 1999 (MMA, 1999). O Decreto n.º 6514 foi revogado pela Lei 12.651 de 2012 - Código Florestal, a qual se encontra em vigor e tem como única menção sobre o tema a permissão de uso de fogo em manejo em Unidades de Conservação - UC com fins de proteção. Estabelece-se então que, mediante o Plano de Manejo, tais áreas podem recorrer ao fogo como uma medida preventiva.

Os Códigos Florestais brasileiros anteriores tiveram como arcabouço a ultrapassada compreensão do fogo como um agente, invariavelmente, de destruição. Esta visão foi comum a muitos países com ecossistemas dependentes do fogo em suas formulações de leis nacionais e locais sobre os incêndios na vegetação, principalmente situadas nas décadas de 1970, 1980, 1990 e 2000. Tais abordagens são coincidentes no cunho restritivo e proibitivo do fogo e se mostraram não adequadas para lidar com a relação entre este e os objetivos da conservação, e, conseqüentemente, o papel do mesmo na manutenção de certos ecossistemas. Este fato se dá em consequência do não reconhecimento ou introdução nas normas dos saberes e conhecimentos sociais, acadêmicos, de autoridades formadoras de opinião, entre outros atores no tema (Moreira, 2000; Bond et al., 2005; Myers, 2006; Durigan & Ratter, 2016).

Assim, as políticas predominantemente voltadas a restrição de queima tiveram efeito negativo em diversas situações, como nos casos do Parque Nacional de Kakadu, Austrália (Morrison & Cooke, 2003; Lewis, 1989; Keith et al., 2002), no Parque Nacional de Canaima, Venezuela (Rodríguez, 2004), no Zâmbia (Goldammer *et al.*, 2004) e na Reserva da Biosfera La Sepultura em Chiapas, no México (Myers, 2006). Casos como o do Parque Nacional de Emas, no estado de Goiás, refletem a mesma realidade no contexto de Cerrado e Brasil.

A lei vigente não visa promover, gerar ou mesmo alterar a percepção das pessoas, comunidades ou populações com o objetivo de assimilação dos riscos e demais fatores associados aos incêndios florestais. Ressalta-se que esta importante lacuna é presente mesmo tendo sido tal texto promulgado paralelamente a um contexto secundário de ações práticas com a finalidade de conscientizar a população para o uso de abordagens de prevenção, manejo e contenção de incêndios florestais (Ganteaume & Jappiot, 2012). Nesta lei, fica proibido o uso do fogo em outras áreas, invariavelmente. A mesma furta-se em associar o manejo de fogo em ecossistemas suscetíveis como ferramenta para a redução dos níveis de material

combustível e controle de incidentes, intensidade severidade de ocorrências (Govender et al., 2006), mas também com o objetivo de proteger a biodiversidade e a estrutura vegetacional (Govender et al., 2006; van Wilgen et al., 2007). Ressalta-se que foi desconsiderada, na restrição, que a ausência do fogo no Cerrado resulta em queimadas catastróficas devido ao acúmulo de matéria orgânica seca (Ramos Neto & Pivello, 2000).

Assim, buscamos nesta etapa do trabalho, elucidar como a população relacionada ao SHPCK assimila as normas federais relativas aos incêndios (queimadas e fogo). O objetivo aqui é explorar como localmente a miscelânea de normas sobre o assunto moldam o conhecimento da sociedade.

## **4.2. LOCAL DO ESTUDO**

O Cerrado, savana brasileira, ocorre principalmente na região central do Brasil e cobre cerca de 20% do território nacional, somando uma área de 2 milhões de quilômetros quadrados, sendo o segundo maior bioma em área do país, atrás apenas da Floresta Amazônica. É extremamente diverso, variando de vegetações completamente savânicas a formações florestais. Sob a perspectiva da diversidade biológica, é reconhecido como a savana mais rica do mundo, abrigando nos diversos ecossistemas uma flora com arbustivas herbáceas, arbóreas e cipós espécies de plantas, das quais 4.400 são endêmicas (Myers et al., 2000).

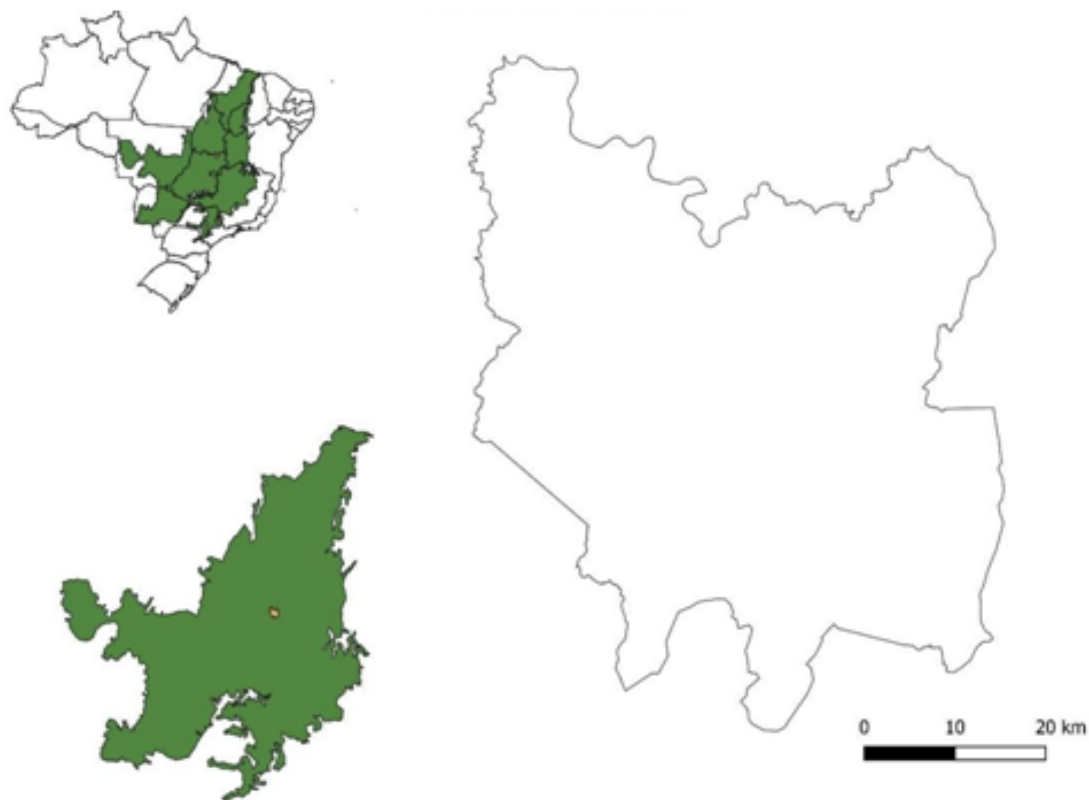
Este domínio está sob enorme pressão de exploração. Machado et al. (2004) calculam que a área desmatada de Cerrado até o ano de 2002 correspondia a 54,9% da área original (cerca de 1,58 milhão de hectares). As taxas anuais de desmatamento também são mais elevadas no Cerrado, que alcançou, entre os anos de 1970 e 1975, taxa média de 40.000 km<sup>2</sup> por ano, quase o dobro da taxa de desmatamento da Amazônia durante o período 1978–1988 (Klink & Moreira, 2002). As taxas de desmatamento no começo dos anos 2000 variaram entre 22.000 e 30.000 km<sup>2</sup> por ano (Machado et al., 2004), dados do Ministério do Meio Ambiente por meio do Projeto de Monitoramento do Biomas Brasileiros por Satélite (PMDBBS) determinam taxas de desmatamento de 0,3% no período de 2009-2010, novamente superiores às da Amazônia e dos demais Biomas.

As maiores pressões sofridas pelo Cerrado são decorrentes da expansão da agricultura, dado que o mesmo ocorre em áreas que concentram aspectos favoráveis à implementação de

grandes propriedades rurais agropecuaristas devido à localização, riqueza do solo, desenvolvimento regional e facilidade de escoamento consumo e beneficiamento da produção.

As grandes áreas de vegetação nativa de Cerrado ainda preservadas, como a Serra do Espinhaço, a Serra da Mesa, a Ilha do Bananal, o oeste do estado da Bahia e o sul dos estados do Piauí e Maranhão apresentam fatores limitantes à implementação de tais pressões supressoras, como terreno acidentado, solo raso e inundáveis nas três primeiras e ausência de infraestrutura nas duas últimas áreas mencionadas (Machado *et al.*, 2004). Mesmo excluída a pressão da agricultura e pecuária de larga escala, tais regiões sofrem repetidamente com a ocorrência de fogo, Tansey e colaboradores (2004) estimaram que 67% da área queimada no Brasil em 2000 estavam no Cerrado.

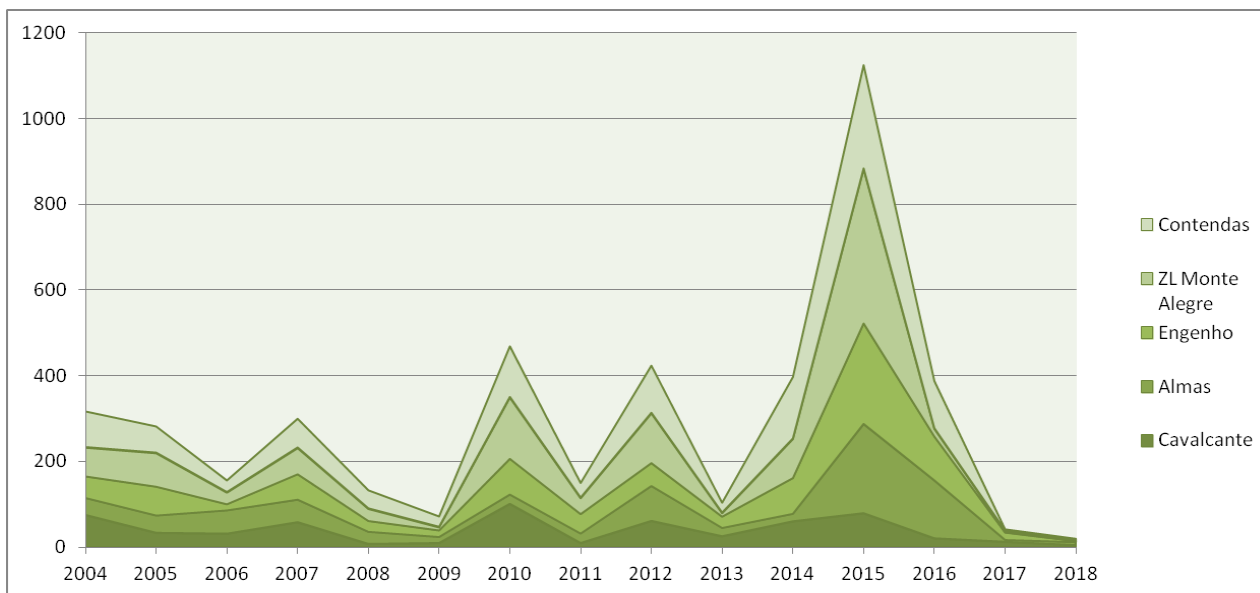
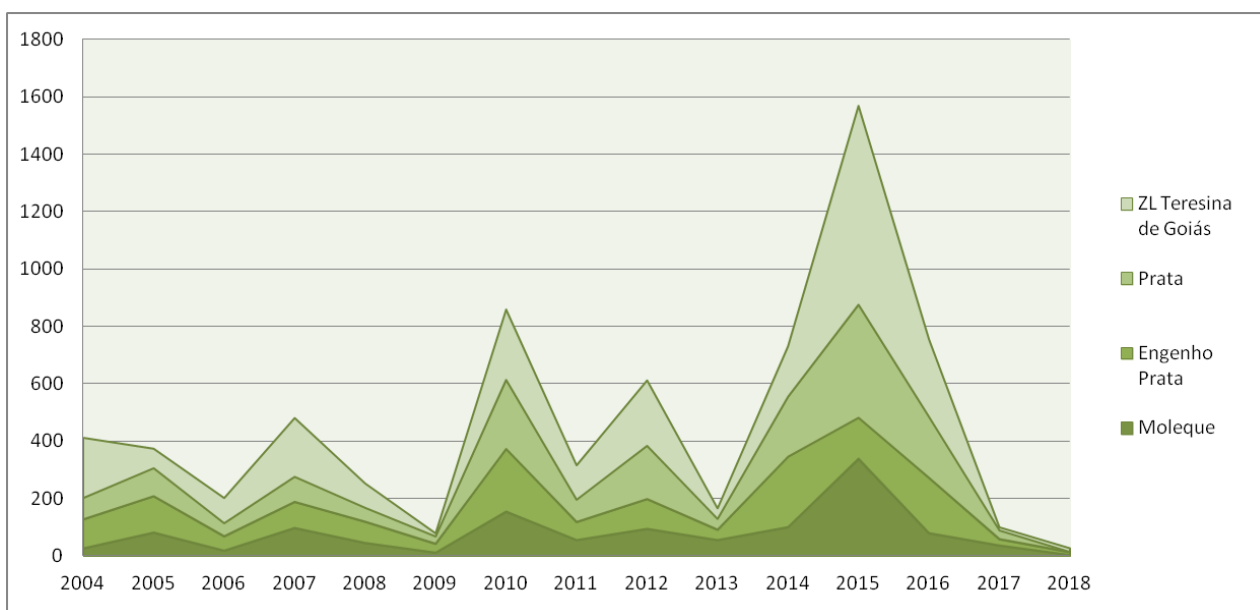
Nossas amostras foram coletadas no Sítio Histórico e Patrimônio Cultural Kalunga - SHPCK (longitude: -47.631972; latitude: -13.101778), localizado na região nordeste do estado de Goiás. Abrangendo uma área de 253 mil hectares, a região é constituída por 56 comunidades distribuídas entre os municípios de Cavalcante, Monte Alegre e Teresina de Goiás, sendo o maior remanescente de Cerrado do estado (Fig. 1). O SHPCK representa uma enorme riqueza e diversidade de espécies com alto índice de endemismo do Cerrado goiano e apresenta, na classificação de Koppen, clima sazonal, com uma estação chuvosa e outra seca (Klink & Machado 2005). O território Kalunga é caracterizado pelo terreno acidentado que promoveu o isolamento das diversas comunidades locais até meados dos anos 1970. As especificidades do SHCK proporcionam o isolamento territorial de diversas comunidades e serviços diversos, como energia, disponível para 5% da população (MRT, 2018). Esse isolamento preservou traços oriundos das culturas de índios que já habitavam a região e negros refugiados dos regimes de escravidão (Oliveira, 1998). Os primeiros trabalhos acadêmicos desenvolvidos nos SHCK datam de 1980 e foram desenvolvidos pela pesquisadora Mari Baiocchi, onde foi determinado o tamanho da área, quantidade de habitantes e hábitos do povo Kalunga (Baiocchi, 1996).



**Figura 1** - Perspectiva geral do Sítio Histórico e Patrimônio Cultural Kalunga, em verde, no contexto de Cerrado e Brasil.

O SHCK faz limite ao norte com o estado do Tocantins, ao sul com o município de Cavalcante e Teresina de Goiás, a Leste com Nova Roma e Monte Alegre de Goiás e Oeste com Cavalcante. A determinação legal do território se deu através de Decreto de 20 de novembro de 2009, que declara o interesse social, para fins de desapropriação os imóveis abrangidos pelo Sítio Histórico e Cultural Kalunga situados nos Municípios de Cavalcante, Teresina de Goiás e Monte Alegre de Goiás, estado de Goiás era então legalmente estabelecida como Unidade Quilombola (Brasil, 2019). Atualmente, são recorrentes as ações e efeitos da desapropriação que ainda se desdobra na região, tendo como resultados conflitos entre proprietários de terra e membros da comunidade Kalunga. Logo, o SHCK agrega diversos fatores que aumentam o risco potencial de incêndios vegetacionais, como fica evidente no quantitativo anual de focos registrados para a região (Gráfico 1 A e B) (Tabela 1).

**Gráfico 1** - Quantidade de focos de calor registrados no sistema INPE dos anos de 2004 a 2017 nas diferentes zonas do Sítio Histórico e Patrimônio Cultural Kalunga. A) Exposição dos dados para as regiões de Zona Limítrofe de Teresina de Goiás, Prata, Engenho Prata e Vão do Moleque; B) Exposição dos dados para as regiões Contendas, Almas, Engenho, Cavalcante e Zona Limítrofe de Monte Alegre.



**Tabela 1** – Quantidade total de focos de calor registrados no sistema INPE dos anos de 2004 a 2017 nas diferentes zonas do Sítio Histórico e Patrimônio Cultural Kalunga.

|                      | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |       |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Cavalcante           | 75   | 33   | 31   | 58   | 7    | 9    | 101  | 9    | 61   | 25   | 60   | 79   | 20   | 12   | 580   |
| Almas                | 40   | 41   | 55   | 53   | 29   | 15   | 22   | 23   | 82   | 20   | 18   | 209  | 136  | 5    | 744   |
| Engenho              | 51   | 68   | 15   | 60   | 26   | 16   | 84   | 46   | 54   | 27   | 84   | 235  | 103  | 18   | 887   |
| ZL Monte Alegre      | 67   | 78   | 27   | 61   | 28   | 7    | 143  | 37   | 116  | 8    | 91   | 360  | 18   | 3    | 1044  |
| Contendas            | 83   | 61   | 27   | 67   | 42   | 24   | 118  | 34   | 110  | 23   | 143  | 241  | 110  | 3    | 1086  |
| Moleque              | 26   | 81   | 18   | 97   | 45   | 11   | 154  | 55   | 94   | 55   | 100  | 338  | 79   | 36   | 1189  |
| Engenho              | 100  | 126  | 49   | 90   | 73   | 30   | 218  | 62   | 103  | 35   | 245  | 143  | 192  | 21   | 1485  |
| Prata                | 77   | 100  | 48   | 90   | 51   | 28   | 243  | 80   | 188  | 40   | 211  | 396  | 215  | 33   | 1800  |
| ZL Teresina de Goiás | 210  | 68   | 88   | 205  | 85   | 11   | 245  | 120  | 228  | 37   | 176  | 693  | 270  | 11   | 2447  |
| Total                | 729  | 656  | 358  | 781  | 386  | 151  | 1328 | 466  | 1036 | 270  | 1128 | 2694 | 1143 | 142  | 11268 |

### 4.3. METODOLOGIA

Usando dados de entrevistas feitas no SHPCK, que abordavam aspectos sociais e culturais sobre o fogo, avaliamos a assimilação da legislação vigente (Lei 12.651 – Código Florestal e da proposta de Lei de Política Nacional de Fogo na população local). Foram analisadas questões relativas à compreensão sobre o que é legalmente permitido, quais são as estruturas estatais responsáveis por cada competência sobre o tema, terminologia e conhecimentos relacionados, dentre outros aspectos.

Os dados foram agrupados sob temas organizacionais em conformidade com o proposto no Código Florestal e a Proposta de Lei de Política Nacional de Fogo. Por isso, o trabalho fará uma abordagem linear sobre os dados verificados em confronto com a lei vigente e a nova lei proposta.

#### **4.4. DADOS COLETADOS**

Os dados são oriundos do questionário dos Planos Operativos de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais (IBAMA, 2009; Santopouli et.al., 2017), estruturados em tópicos temáticos determinados para o desenvolvimento aplicado no escopo do exercício 2018. Ainda seguindo o modelo do plano, aplicamos 38 questionamentos divididos em ‘Sociodemográfico’ e ‘Assimilação Relativa ao Tema Fogo’, sendo este segundo tema subdividido em dois itens, questões que abordavam o uso do fogo e o seu impacto ao meio ambiente e questões sobre conhecimento sobre o fogo, todos sob a perspectiva das políticas associadas.

As 38 questões foram divididas em discursivas e de múltipla escolha. As questões de múltipla escolha eram de resposta “Sim/Não” ou na escala de Likert (1 a 9). A escala de Likert foi aplicada para estabelecer o grau de conhecimento e conformidade dos entrevistados com os diversos termos abordados. Aplicou-se neste estudo os conceitos de percepção de risco de fogo como o potencial de ocorrência e consequente dano em recursos naturais, vegetação, animais domésticos e estruturas construídas, obedecendo à metodologia proposta por Santopouli e colaboradores (2017). Essa metodologia considera que os entrevistados são atores responsáveis pelo tema tendo em consequência dos diversos aspectos a serem mensurados nos estudos de diferentes percepções e assimilações dos aspectos, efeitos e consequências do fogo.

#### **Lei nº 12.651 e a proibição do uso do fogo e do controle dos incêndios florestais**

Sob a perspectiva dos incêndios florestais, a Lei n.º 12.651 determina o emprego de fogo em práticas agropastoris ou florestais mediante aprovação do órgão ambiental competente do SISNAMA (Tabela 2). Fica estabelecido que a queima controlada pode ser aplicada em Unidade de Conservação respeitando o plano de manejo e mediante prévia aprovação do órgão gestor. Na lei, atividades de pesquisas científicas vinculadas a projetos de pesquisa aprovados por órgão ambiental competente do Sisnama. O artigo n.º 40 da referida lei incumbe o Governo Federal de estabelecer a Política Nacional de Manejo e Controle de Queimadas, Prevenção e Combates aos Incêndios Florestais. Tendo em vista a não implementação legal da Política Nacional estabelece-se uma lacuna de responsabilização, hierarquização ou mesmo tutela para eventos de queima em diversos contextos que ocorrem no SHCK dado que durante o período de estudo foram verificados 5 projetos de pesquisa, desenvolvidos pela Universidade Estadual de Goiás e Universidade Federal de Goiás.

**Tabela 2.** Resumo das normas federais que abordam o tema incêndios, fogo e queimada vegetal. Em destaque os artigos com os pontos onde são citados especificamente os aspectos relativos ao tema do trabalho.

| Norma                                               | Descrição               | Artigos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>DECRETO Nº 23.793, DE 23 DE JANEIRO DE 1934.</p> | <p>Código Florestal</p> | <p>Art. 22. É proibido mesmo aos proprietários: d) preparar carvão ou acender fogos nas matas, sem as precauções necessárias para evitar incêndio.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                     |                         | <p>Art. 28. As companhias de navegação fluvial, e as de estradas de ferro, que usarem carvão, coquilhos, ou lenha, como combustível, nas embarcações ou máquinas a vapor, são obrigadas, a juízo do governo, a manter, nas chaminés das fornalhas, aparelhos que impeçam os escapamentos de fagulhas que possam atear incêndios na vegetação marginal dos rios ou estradas.</p>                                                                                |
|                                                     |                         | <p>Art. 67. Em caso de incêndio em florestas, que, por suas proporções, não se possa extinguir com os recursos ordinários, aos funcionários florestais compete requisitar os meios materiais utilizáveis, e convocar os homens válidos em condições de prestar-lhe auxílio no combate ao fogo.</p>                                                                                                                                                             |
|                                                     |                         | <p>Art. 83. Constituem crimes florestas: a) fogo posto em florestas do domínio público, ou da propriedade privada; pena: prisão até três anos, e multa; b) fogo posto em produtos, ou subprodutos florestais, ainda não retirados das florestas onde foram obtidos ou elaborados; pena: prisão até dois anos e multa; c) dano causado aos parques nacionais, estaduais ou municipais, e às florestas protetoras e remanescentes, ou às plantações a que se</p> |

|                                                              |                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                              |                                                                          | refere o § 2º do art. 13, por meio que não o fogo; pena: detenção até um ano e multa;                                                                                                                                                                                                                                               |
| DECRETO-L<br>EI No 2.848,<br>DE 7 DE<br>DEZEMBRO<br>DE 1940. | Código Penal                                                             | Art. 250. Causar incêndio, expondo a perigo a vida, a integridade física ou o patrimônio de outrem                                                                                                                                                                                                                                  |
| LEI Nº 4.771,<br>DE 15 DE<br>SETEMBRO<br>DE 1965.            | Código Florestal                                                         | Art. 11. O emprego de produtos florestais ou hulha como combustível obriga o uso de dispositivo, que impeça difusão de fagulhas suscetíveis de provocar incêndios, nas florestas e demais formas de vegetação marginal.                                                                                                             |
|                                                              |                                                                          | Art. 25. Em caso de incêndio rural, que não se possa extinguir com os recursos ordinários, compete não só ao funcionário florestal, como a qualquer outra autoridade pública, requisitar os meios materiais e convocar os homens em condições de prestar auxílio.                                                                   |
|                                                              |                                                                          | Art. 26. Constituem contravenções penais, puníveis com três meses a um ano de prisão simples ou multa de uma a cem vezes o salário-mínimo mensal, do lugar e da data da infração ou ambas as penas cumulativamente: e) fazer fogo, por qualquer modo, em florestas e demais formas de vegetação, sem tomar as precauções adequadas; |
|                                                              |                                                                          | Art. 27. É proibido o uso de fogo nas florestas e demais formas de vegetação.                                                                                                                                                                                                                                                       |
| LEI Nº 9.605,<br>DE 12 DE<br>FEVEREIRO<br>DE 1998.           | Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e | Art. 41. Provocar incêndio em mata ou floresta:                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                          | atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| DECRETO Nº 2.661, DE 8 DE JULHO DE 1998. | Regulamenta o parágrafo único do art. 27 da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 (código florestal), mediante o estabelecimento de normas de precaução relativas ao emprego do fogo em práticas agropastoris e florestais, e dá outras providências. | Art. 1. É vedado o emprego do fogo:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                         | Art. 2. Observadas as normas e condições estabelecidas por este Decreto, é permitido o emprego do fogo em práticas agropastoris e florestais, mediante Queima Controlada                                                                                                                                                                                                                    |
|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                         | Art. 3. O emprego do fogo mediante Queima Controlada depende de prévia autorização, a ser obtida pelo interessado junto ao órgão do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA, com atuação na área onde se realizará a operação.                                                                                                                                                          |
|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                         | Art. 4. Previamente à operação de emprego do fogo, o interessado na obtenção de autorização para Queima Controlada deverá:                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                         | Art. 8. A Autorização de Queima Controlada será emitida com finalidade específica e com prazo de validade suficiente à realização da operação de emprego do fogo, dela constando, expressamente, o compromisso formal do requerente, sob pena de incorrer em infração legal, de que comunicará aos confrontantes a área e a hora de realização da queima, nos termos em que foi autorizado. |
|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                         | Art. 9. Poderá ser revalidada a Autorização de Queima Controlada concedida anteriormente para a mesma área, para os mesmos fins e para o mesmo interessado, ficando dispensada nova apresentação dos documentos previstos neste artigo, salvo os comprovantes de comunicação aos confrontantes, de que trata o inciso VI do art. 4º.                                                        |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | <p>Art. 10. Além de autorizar o emprego do fogo, a Autorização de Queima Controlada deverá conter orientações técnicas adicionais, relativas às peculiaridades locais, aos horários e dias com condições climáticas mais adequadas para a realização da operação, a serem obrigatoriamente observadas pelo interessado.</p>                                         |
|  |  | <p>Art. 11. O emprego do fogo poderá ser feito de forma solidária, assim entendida a operação realizada em conjunto por vários produtores, mediante mutirão ou outra modalidade de interação, abrangendo simultaneamente diversas propriedades familiares contíguas, desde que o somatório das áreas onde o fogo será empregado não exceda quinhentos hectares.</p> |
|  |  | <p>Art. 12. Para os fins do disposto neste Decreto, os órgãos do SISNAMA deverão dispor do trabalho de técnicos, habilitados para avaliar as Comunicações de Queima Controlada, realizar vistorias e prestar orientação e assistência técnica aos interessados no emprego do fogo.</p>                                                                              |
|  |  | <p>Art. 13. Os órgãos integrantes do SISNAMA poderão estabelecer escalonamento regional do processo de Queima Controlada, com base nas condições atmosféricas e na demanda de Autorizações de Queima Controlada, para controle dos níveis de fumaça produzidos.</p>                                                                                                 |
|  |  | <p>Art. 14. A autoridade ambiental competente poderá determinar a suspensão da Queima Controlada da região ou município quando:</p>                                                                                                                                                                                                                                 |
|  |  | <p>Art. 15. A Autorização de Queima Controlada será suspensa ou cancelada pela autoridade ambiental nos seguintes casos:</p>                                                                                                                                                                                                                                        |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | <p>Art. 16. O emprego do fogo, como método despalhador e facilitador do corte de cana-de-açúcar em áreas passíveis de mecanização da colheita, será eliminado de forma gradativa, não podendo a redução ser inferior a um quarto da área mecanizável de cada unidade agroindustrial ou propriedade não vinculada a unidade agroindustrial, a cada período de cinco anos, contados da data de publicação deste Decreto.</p> |
|  |  | <p>Art. 17. A cada cinco anos, contados da data de publicação deste Decreto, será realizada, pelos órgãos competentes, avaliação das consequências socioeconômicas decorrentes da proibição do emprego do fogo para promover os ajustes necessários nas medidas impostas.</p>                                                                                                                                              |
|  |  | <p>Art. 18. Fica criado, no âmbito do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, o Sistema Nacional de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais PREVFOGO.</p>                                                                                                                                                                                                                     |
|  |  | <p>Art. 19. O IBAMA deverá exercer, de forma sistemática e permanente, o monitoramento do emprego do fogo e adotar medidas e procedimentos capazes de imprimir eficiência à prática da Queima Controlada e ao PREVFOGO.</p>                                                                                                                                                                                                |
|  |  | <p>Art. 20. Para os efeitos deste Decreto, entende-se como incêndio florestal o fogo não controlado em floresta ou qualquer outra forma de vegetação.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|  |  | <p>Art. 21. Ocorrendo incêndio nas florestas e demais formas de vegetação, será permitido o seu combate com o emprego da técnica do contrafogo.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|  |  | <p>Art. 22. Será permitida a utilização de Queima Controlada, para manejo do ecossistema e prevenção de incêndio, se</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|                                           |                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                           |                                                                                                                                                                              | este método estiver previsto no respectivo Plano de Manejo da unidade de conservação, pública ou privada, e da reserva legal.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| DECRETO Nº 6.514, DE 22 DE JULHO DE 2008. | Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências. | Art. 58. Fazer uso de fogo em áreas agropastoris sem autorização do órgão competente ou em desacordo com a obtida:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012.     | Código Florestal                                                                                                                                                             | <p>Art. 1º-A. Esta Lei estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal; a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais, o controle e prevenção dos incêndios florestais, e prevê instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos. (Incluído pela Lei n.º 12.727, de 2012).</p> <p>Art. 38. É proibido o uso de fogo na vegetação, exceto nas seguintes situações:</p> <p>Art. 39. Os órgãos ambientais do Sisnama, bem como todo e qualquer órgão público ou privado responsável pela gestão de áreas com vegetação nativa, ou plantios</p> |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | florestais, deverão elaborar, atualizar e implantar planos de contingência para o combate aos incêndios florestais.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|  |  | Art. 40. O Governo Federal deverá estabelecer uma Política Nacional de Manejo e Controle de Queimadas, Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais, que promova a articulação institucional com vistas na substituição do uso do fogo no meio rural, no controle de queimadas, na prevenção e no combate aos incêndios florestais e no manejo do fogo em áreas naturais protegidas.                                                                                                                                         |
|  |  | Art. 75. Os PRAs instituídos pela União, Estados e Distrito Federal deverão incluir mecanismo que permita o acompanhamento de sua implementação, considerando os objetivos e metas nacionais para florestas, especialmente a implementação dos instrumentos previstos nesta Lei, a adesão cadastral dos proprietários e possuidores de imóvel rural, a evolução da regularização das propriedades e posses rurais, o grau de regularidade do uso de matéria-prima florestal, o controle e prevenção de incêndios florestais. |

### **Assimilação dos aspectos legais pelos atores locais**

As entrevistas executadas com os moradores e adjacências permitiram constatar que:

Em atenção ao artigo n.º 38, observamos que 86,67% dos entrevistados acreditavam não existir a necessidade de solicitar autorização de qualquer tipo para usar o fogo em atividades agropastoris. Aqueles que afirmaram ser necessário solicitar autorização de algum tipo mencionaram o IBAMA (5,33%) ou o Estado (2,67%). Foram citados, pontualmente, com representatividade menor que 1% como autorizadores para uso do fogo a esfera municipal, associação de moradores, vizinhos e o Corpo de Bombeiros.

Questionados sobre o uso do fogo como ferramenta em unidades agropastoris, os entrevistados responderam em 64% que tal aplicação não configura infração ambiental em nenhum contexto. Um total de 23% acredita que o uso do fogo é crime invariavelmente e 13% citaram especificidades ao uso, como tipo de vegetação, época do ano, limite territorial ou bens materiais afetados, tipificar como legal ou ilegal a aplicação do fogo. A particularidade citada no inciso segundo que excetua da proibição constante no caput as práticas de prevenção e combate aos incêndios e as de agricultura de subsistência exercida pelas populações tradicionais e indígenas eram de total desconhecimento dos entrevistados. Arguidos sobre a possibilidade de uso do fogo no SHPCK por populações tradicionais, nenhum dos entrevistados tinha conhecimento ou convicção de que tal ação não era tipificada como infração ambiental.

O termo manejo de fogo foi devidamente exposto por 24% dos entrevistados. Neste grupo 80% havia atuado em brigadas federais ou voluntárias em ações de combate a incêndios florestais na região.

Questionados sobre o uso do fogo ser permitido como medida preventiva nas Unidades de Conservação, 76% dos entrevistados declararam conhecer tal abordagem. Parte significativa (89,3%) concordava que o manejo do fogo era medida efetiva para redução de grandes eventos, principalmente associados a outras ações, como a educação ambiental (50,67%) e ações fiscalizatórias (28%).

Para os atores locais a responsabilidade de combater os incêndios florestais é majoritariamente do IBAMA-PREVFOGO (65,33%), sendo posteriormente citados os Bombeiros (6,67%) e a comunidade/voluntários (1,33%). Para 28% não existe ninguém que seja responsável por atuar no combate de forma obrigatória. Ainda sob a mesma perspectiva, os entrevistados responderam predominantemente que devia ser responsável pelo tema a comunidade (32%) o município (26,67%), o IBAMA-PREVFOGO (17,33%) e os Bombeiros (16%).

### **Os focos sob a perspectiva do nexos causal**

As perícias de incêndios florestais em focos registrados para os anos de 2015 a 2018 no SHPCK quando analisadas à luz da Lei n.º 12.651 evidenciam que:

O estabelecimento do nexa causal em incêndios florestais foi predominantemente vinculado a atividades de agricultura de subsistência ou renovação de pastagem (74,4%). Pontualmente foram identificados eventos naturais (2%) e indeterminados. Parte dos eventos tiveram como zona de início do fogo estabelecido pontos próximos (raios de 20 metros ou menos) as estradas e acessos de veículos (68%). Recorrentemente os eventos de queimada, principalmente em áreas de plantio, estavam relacionados a registros de pancadas de chuvas (43,4%).

Em média, as áreas atingidas foram de 572,24 hectares. Foram atingidas todas as ocorrências fitofisionômicas presentes no SHPCK, invariavelmente, sendo o campo sujo, o campo limpo, a floresta estacional e a vereda as mais atingidas, com a última registrando, proporcionalmente, as áreas mais atingidas e registros de eventos, os menos representativos, em cerrado rupestre. Os incêndios de veredas em 85% das ocorrências tinham relação com focos que foram tipificados em “renovação de pastagem”.

A distância média do ponto inicial determinado em perícia para edificações habitadas foi de 1518 metros, para estradas foi de 789 metros, para trilhas foi de 252 metros e para rios ou lagos de 1835.

Os eventos se distribuíram de forma agrupada no tempo. No período de um ano, os focos periciados em sua maioria ocorreram entre junho e setembro. Quando analisados os focos de forma geral, existe grande variação entre as médias de cada ano, entretanto, em regra, a distribuição dos eventos no ano é permanente.

A avaliação de que o nexa causal demanda que o agente execute ato ilícito com relação de causa e efeito com prejuízo, no caso, dano ambiental. Neste ponto, é válido ressaltar que não está claro na legislação o conceito de dano ambiental, no entanto, tipificam-se as atividades que direta ou indiretamente resultem em degradação da qualidade ambiental classificadas entre prejudiciais à segurança, saúde e bem-estar da população; aquelas geradoras de situações adversas às atividades econômicas e sociais; as que afetem desfavoravelmente a biota e as desfavoráveis as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente (Brasil, 1981).

Tratando-se da premissa de que o dano ambiental é o prejuízo em questão, a Lei n.º 12.651, no inciso sobre o tema, subentende que a responsabilidade por dano ambiental é objetiva, informada pela teoria do risco integral, sendo o nexa de causalidade o fator

aglutinante que permite que o risco se integre na unidade do ato, sendo descabida a invocação, pelo agente causador do dano ambiental, de excludentes de responsabilidade civil para afastar sua obrigação de responder. Ressalto que o reconhecimento da responsabilidade objetiva por dano ambiental não dispensa a obrigação de estabelecer-se o nexo de causalidade entre a conduta e o resultado.

### **Projeto de Lei n.º 11.276 que Institui a Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo (PNMIF).**

O projeto de lei n.º 11.276, que instituiu a Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo foi enviado à Câmara dos Deputados em 27 de dezembro de 2018 tendo como prerrogativas alterar as Leis n.º 7.735 de 1989 e a Lei n.º 12.651 de 2012. O projeto de lei visa disciplinar e promover a articulação interinstitucional para o manejo integrado do fogo, redução da incidência e danos dos incêndios florestais e a restauração do papel ecológico e cultural do fogo.

Ficam estabelecidos termos como incêndio florestal, queima controlada, queima prescrita, uso tradicional e adaptativo do fogo, uso do fogo de forma solidária, regime de queima, ecossistema associado ao fogo, prevenção de incêndios florestais, combate a incêndios florestais, plano operativo e o manejo integrado do fogo.

São princípios do projeto de lei, a responsabilidade comum da União, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios, em articulação com a sociedade civil, na criação de políticas, programas e planos que promovam o manejo integrado do fogo; a função social da propriedade e a presunção de responsabilidade do proprietário, com base no dever de defender, preservar e conservar o meio ambiente; a promoção da sustentabilidade dos recursos naturais; a proteção da biodiversidade; a promoção da abordagem integrada, intercultural e adaptativa do uso do fogo; a percepção do fogo como parte integrante de sistemas ecológicos, econômicos e socioculturais; a substituição do uso do fogo em ambientes sensíveis a esse tipo de ação, sempre que possível; a substituição do uso do fogo como prática agrossilvipastoril por práticas sustentáveis, sempre que possível; a redução das ameaças à vida e à saúde humana e à propriedade, o reconhecimento e o respeito à autonomia sociocultural, à valorização do protagonismo, à proteção e ao fortalecimento dos saberes, das práticas, dos conhecimentos e dos sistemas de uso sagrado, tradicional e adaptativo do fogo, e às formas

próprias de conservação dos recursos naturais por povos indígenas e comunidades tradicionais.

As diretrizes da Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo são a integração e a coordenação de instituições, públicas, privadas e da sociedade civil, e de políticas, públicas e privadas, na promoção do manejo integrado do fogo; a gestão participativa e compartilhada entre os entes federativos, a sociedade civil organizada, os povos indígenas, os povos e comunidades tradicionais e a iniciativa privada; a implementação de ações, métodos e técnicas de manejo integrado do fogo; a priorização de investimentos em estudos, pesquisas e projetos científicos e tecnológicos destinados ao manejo integrado do fogo, à recuperação de áreas atingidas por incêndios florestais e às técnicas sustentáveis de substituição gradativa do uso do fogo como prática agrossilvipastoril, consideradas as pertinências ecológica e socioeconômica; a avaliação de cenários de mudança do clima e de potencial aumento do risco de ocorrência de incêndios florestais e de maior severidade e a valorização das práticas de uso tradicional e adaptativo do fogo e de conservação dos recursos naturais por povos indígenas e comunidades tradicionais, de forma a promover o diálogo e a troca entre os conhecimentos tradicionais, científicos e técnicos.

Ficaria instituído o Comitê Nacional de Manejo Integrado do Fogo presidido pelo Ministério do Meio Ambiente e composto pelos Ministérios da Defesa; da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, pela Fundação Nacional do Índio – FUNAI; Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA; Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - Instituto Chico Mendes; Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA; Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Inpe; Serviço Florestal Brasileiro - SFB; Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil do Ministério da Integração Nacional; Secretaria Nacional de Segurança Pública do Ministério da Segurança Pública; Departamento de Polícia Federal do Ministério de Segurança Pública e Departamento de Polícia Rodoviária Federal do Ministério da Segurança Pública. O Comitê Nacional de Manejo Integrado do Fogo convida a participar titular e suplente da Associação Nacional dos Órgãos Municipais de Meio Ambiente; do Conselho Nacional de Comandantes-Gerais dos Corpos de Bombeiros Militares – Ligabom; Conselho Nacional de Gestores Estaduais de Proteção e Defesa Civil; Confederação Nacional dos Trabalhadores na Agricultura; Conselho Nacional de Política Indigenista; Conselho Gestor da Política Nacional de Gestão Territorial e Ambiental de Terras

Indígenas; Conselho Nacional de Povos e Comunidades Tradicionais e Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. Tendo voz e voto os membros componentes e voz os convidados.

A lei regulamenta os programas de brigadas florestais instituídos pela União podendo os Estados e Municípios instituir programas locais. Institui-se nas atribuições do programa de Brigadistas Florestais Temporários a prevenção, controle e combate aos incêndios florestais; coleta e sistematização de dados relacionados com incêndios florestais e manejo integrado do fogo; ações de sensibilização, educação e conservação ambiental; atividades para implementação dos planos de manejo integrado do fogo e dos planos operativos para o combate aos incêndios florestais e apoio operacional, em caráter auxiliar, à gestão de áreas protegidas que tenham plano de manejo integrado do fogo ou plano operativo de prevenção e combate aos incêndios florestais.

Cria-se o Centro Integrado Multiagência de Coordenação Operacional Federal - Ciman Federal vinculado ao Comitê Nacional de Manejo Integrado do Fogo. O Ciman será coordenado pelo IBAMA.

Ficam estabelecidos seis contextos de uso do fogo em vegetação sendo nos locais ou nas regiões cujas peculiaridades justifiquem o uso do fogo em práticas agrossilvipastoris, mediante prévia autorização de queima controlada do órgão ambiental competente para cada imóvel rural ou de forma regionalizada; nas queimas prescritas, com o procedimento regulado pelo órgão ambiental competente e de acordo com o plano de manejo integrado do fogo, observadas as diretrizes estabelecidas pelo Comitê Nacional de Manejo Integrado do Fogo; nas atividades de pesquisa científica devidamente aprovadas pelos órgãos competentes e realizadas por instituições de pesquisa reconhecidas, mediante prévia autorização de queima prescrita pelo órgão ambiental competente; nas práticas de prevenção e de combate aos incêndios florestais e nas capacitações associadas; nas práticas culturais e de agricultura de subsistência exercidas por povos indígenas, povos e comunidades tradicionais e agricultores familiares, conforme seus usos e seus costumes; e na capacitação e na formação de Brigadistas Florestais Temporários.

Defini-se para a autorização que o interessado deverá definir técnicas, equipamentos e mão de obra a serem utilizados; preparar aceiros de, no mínimo, três metros de largura, ampliando esta faixa quando as condições ambientais, topográficas, climáticas e o material

combustível a determinarem; providenciar pessoal treinado para atuar no local da queima controlada, com equipamentos apropriados, de forma a evitar a propagação do fogo fora dos limites estabelecidos; comunicar aos confrontantes a intenção de realizar a queima controlada, com o esclarecimento de que, oportunamente, e com a antecedência necessária, serão confirmados data, hora do início e do local onde será realizada a queima; prever a realização da queima em dia e horário apropriados, evitando os períodos de temperatura mais elevada e respeitando as condições dos ventos predominantes no momento da operação e providenciar o oportuno acompanhamento de toda a operação de queima, até sua extinção, com vistas à adoção de medidas adequadas de contenção do fogo. Para a emissão da autorização de queima controlada, o órgão ambiental competente poderá estabelecer e implementar procedimentos e critérios técnicos específicos adicionais. Ficam estabelecidos critérios para uso do fogo adaptativo ou tradicional em práticas culturais e de subsistência, sendo estabelecido que competirá ao IBAMA em parceria com FUNAIs, Fundação Palmares, INCRA e a Secretaria de Patrimônio da União do Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão a implementação da Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo no âmbito das terras indígenas, de povos e comunidades tradicionais, de assentamentos federais.

A responsabilização pelo uso não autorizado do fogo fica regradada conforme o estabelecido na Lei n.º 12.651, estabelecendo que a comprovação será mediante laudo técnico, os responsáveis por imóveis rurais devem implementar ações de prevenção e combate aos incêndios florestais em suas propriedades conforme normas estabelecidas pelo Comitê Nacional de Manejo Integrado do Fogo e órgãos competentes do Sisnama e que qualquer cidadão poderá ser responsabilizado na esfera civil pelos custos públicos e privados das ações de combate, danos materiais, sociais e ambientais por sua ação ou omissão com a devida comprovação de nexo causal. Danos decorrentes de manejo integrado do fogo que resultem em incêndios florestais estão sujeitos às penalidades previstas em lei.

#### **4.5. CONCLUSÃO**

Obstante ao fato de que a ignorância da lei não isenta de responsabilidade (CP, art. 21), mas que tem o poder de fator atenuante de pena, não se pode confundir a *ignorantia legis* com o erro sobre a ilicitude do fato ou erro de proibição. Logo, se faz necessário que as

lacunas de conhecimento sejam devidamente abordadas. A participação social na formulação de leis e no processo de desenvolvimento das mesmas, através de audiências públicas ou de outras ferramentas, como o teorizado pelo jurista alemão Peter Häberle, mostra-se cada vez mais distante do real.

Outro aspecto sensível constatado é o estabelecimento do nexos causal. Constatar que a verificação de dano e a efetividade de participação dos sujeitos causadores somados a necessidade de estabelecer correlação entre a atividade e o dano resultado demanda procedimentos extremamente técnicos e complexos. Diversos fatores influenciam negativamente o estabelecimento de causalidade nesses processos, tais como as relações físicas, químicas, biológicas, culturais e temporais. Estes fatores atuam continuamente prejudicando, entre outros aspectos, a possibilidade de delimitação da extensão do dano, da sua origem, causa e/ou desenvolvimento.

Fica evidente que o conhecimento sobre os aspectos legais da letra fria da lei não alcança de forma mínima os atores realmente inseridos nos contextos onde ela se aplica. A ausência da ação pública tanto na educação quanto nas suas demais competências como executivo é gritante em locais como o Território Quilombola Kalunga e implicam não apenas em uma comunidade sem a plenitude sobre seus deveres legais, mas também sem acesso aos seus direitos.

Um aspecto importante observado no trabalho é o de que nesse trabalho as perícias executadas concluíram de forma inequívoca nexos de causalidade para 46% dos eventos registrados. Tendo sido demandados em média 6 dias de trabalho por foco de calor. Tal fato quando analisado sobre o contexto de existirem pouquíssimos profissionais capacitados e com competência legal para tal atividade e de que só para o estado de Goiás no ano de 2020 foram registrados no satélite de referência do Inpe o total de 6006 focos (INPE, 2020; SEI-IBAMA, 2020) expõem a inviabilidade e implementação de ações efetivas de responsabilização civil. Respeitando a proporção de que 98% dos focos são de origem antrópica, de que cerca de 4,8% do estado são de áreas protegidas de alguma forma e distribuindo o total de foco hipoteticamente neste contexto seriam 282,5 focos a serem periciados. Com base neste trabalho e na prerrogativa de serem necessários uma equipe mínima de dois especialistas por perícia, analisar os focos de 2020 demandaria 423 dias de atividade exclusiva para o estabelecimento do nexos causal dos casos. Verificando a necessidade de formulação de

metodologias efetivas e de práxis nacionais, além de aumento dos quadros de especialistas na atividade e investimento em capacitação e tecnologia.

A proposta de Lei n.º 11.276 tem como principal atribuição preencher as lacunas técnicas, de competência e responsabilidades na temática dos incêndios florestais. Nela, são supridas demandas presentes desde a implementação da Lei n.º 12.651 em 2012. Definir os princípios, diretrizes, objetivos e principalmente a governança do manejo integrado do fogo com o estabelecimento de um Comitê Nacional de Manejo Integrado do fogo multiagências e com a representação de membros da comunidade civil responde a uma perceptível demanda. A presença de instituições como o Ministério da Ciência e Tecnologia, Inovações e Comunicações e do INPE evidenciam confirmação de que as decisões acerca do tema tenham embasamento técnico-científico.

A determinação de aplicações permitidas do fogo incluindo práticas culturais e de agricultura de subsistência exercidas por povos indígenas, povos e comunidades tradicionais e agricultores familiares, conforme seus usos e seus costumes, também é um marco importante na descriminalização de atividades históricas e culturais.

Algumas lacunas ainda são observadas à luz da proposta de lei, principalmente sob a perspectiva de conflito de atribuição entre entes da União, Estados e Municípios na fiscalização e autorização do manejo. Fica perceptivelmente ausente na Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo ações ou medidas efetivas de educação ambiental, seja na menção desta atividade ou na implementação dela como ferramenta. Não há, na proposta de lei, descrição de ações ou planos para a educação referente ao tema. O termo educação consta em três momentos fazendo referência respectivamente ao artigo n.º 5 dos objetivos da Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo, ao artigo n.º 14 das atividades das brigadas florestais e suas atribuições e ao artigo n.º 45 que trata da substituição gradativa do uso do fogo.

#### **4.6. BIBLIOGRAFIA**

Baiocchi, Mari de Nasaré, 1996. Kalunga – A sagrada terra. Revista da Faculdade de Direito da UFG, v. 19-20, n.1, p.107-120.

Bond W.J., Woodward F.I. & Midgley G.F. 2005. The global distribution of ecosystems in a world without fire. *New Phytologist* 165, 525-538.

Brasil, 1934. Decreto nº 23.793 - Código Florestal Brasileiro. Disponível em <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-23793-23-janeiro-1934-498279-publicacaooriginal-78167-pe.html> acessado em novembro de 2020.

Brasil, 1965. Lei Nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Novo Código Florestal. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l4771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4771.htm) acessado em novembro de 2020.

Brasil. 1998. Decreto no 2.661, de 8 de julho de 1998. Regulamenta o parágrafo único do art. 27 da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 (Código florestal), mediante o estabelecimento de normas de precaução relativas ao emprego do fogo em práticas agropastoris e florestais, e dá outras providências. Diário Oficial da União, 9/07/1998. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/D2661.htm#art28](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2661.htm#art28)> (Acesso em setembro de 2020). 1998.

Brasil, 2008. Decreto nº 6514. Acessado em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm) (Acesso em setembro de 2020). 2008

Chuvieco, E. & Congalton, R. G. 1989 Application of remote sensing and geographic information systems to forest fire hazard mapping. Remote Sensing of Environment, New York, v. 29, p. 147-159, 1989.

Coutinho L.M. 1982, Ecological effects of fire in Brazilian cerrado, pp. 273-291. In: B. J. Huntley and B. H. Walker (eds). Ecology of Tropical

Dias B.F.S. 1998. Impactos do fogo sobre a biodiversidade do Cerrado. Brasília. Notas técnicas da disciplina Ecologia do Fogo.

Durigan, G. & Ratter, J. A. 2016. The need for a consistent fire policy for Cerrado conservation. Journal of Applied Ecology, 53, 11–15. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12559>.

Ganteaume, A. & Jappiot, M. 2012, What causes large fires in Southern France. Forest Ecology and Management, Amsterdam, v. 294, p. 76-85, 2013.

Goldammer, J.G., et al. 2004. Community participation in integrated forest fire management: some experiences from Africa. In: J. G. Goldammer & C. de Ronde (eds.). Wildland Fire

Management Handbook for Sub-Sahara Africa. Global Fire Monitoring Center, Frieberg, Alemanha.

González-Pérez, J.A., González-Vila, F.J., Almendros, G., Knicker, H. 2004. The effect of fire on soil organic matter--a review. *Environ Int.* 2004 Aug;30(6):855-70. doi: 10.1016/j.envint.2004.02.003. PMID: 15120204.

Govender, N., Trollope, W.S.W. & van Wilgen, B.W. 2006. The effect of fire season, fire frequency, rainfall and management on fire intensity in savanna vegetation in South Africa. *Journal of Applied ecology*,43(4): 748–758.

IBAMA, 2009. Roteiro Metodológico para a Elaboração de Planos Operativos de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais, 978-85-7300-293-. Brasília.

INPE. 2020. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Inpe. Disponível em :<http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/>. Acessado em novembro de 2020.

Keith, D.A., Willians, J.E. & Woinarski, J.C.Z., 2002. Fire management and biodiversity conservation: key approaches and principles. Págs. 401-425. In: R. A. Bradstock, J. E. Williams & M. A. Gill (eds.). *Flammable Australia: The Fire Regimes and Biodiversity of a Continent*. Cambridge University Press, UK.

Klink, C.A. & Machado, R.B. 2005. Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conservation Biology* 19,707–713. DOI: 10.1111/j.1523- 1739.2005.00702.x

Klink, C.A. & Moreira, A.G. 2002. Past and current humanoccupation and land-use. In: P.S. Oliveira & R.J. Marquis (eds.).*The Cerrado of Brazil. Ecology and natural history of aneotropical savanna*. pp. 69-88. Columbia University Press, New York. A conservação do Cerrado brasileiro (PDF Download Available). Available from: <https://www.researchgate.net/publication/228342037>. A conservação do Cerrado brasileiro. Acesso em maio 2017.

Knapp, E.E., Estes, B.L., Skinner, C.N. 2009. Ecological Effects of Prescribed Fire Season: A Literature Review and Synthesis for Managers. US Department of Agriculture Forest Service, Pacific Southwest Research Station. General Technical Report no. PSW-GTR-224.

Knicker, H. 2007. How does fire affect the nature and stability of soil organic nitrogen and carbon? A review. *Biogeochemistry* 85, 91–118 (2007).  
<https://doi.org/10.1007/s10533-007-9104-4>

Knox, K.J.E. & Clarke, P.J. 2006. Fire season and intensity affect shrub recruitment in temperate sclerophyllous woodlands. *Oecologia* 149, 730–739 (2006).  
<https://doi.org/10.1007/s00442-006-0480-6>

Brasil. 2012. Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012. Novo código florestal. Diário Oficial da União, 28/05/2012. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm) (Acesso em setembro de 2020). 2012.

Brasil 1981. Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm) . Acessado em janeiro de 2021. 1981

Lewis, H. 1989. Ecological and technological knowledge of fire: aborigines versus park rangers in northern Australia. *American Anthropologist* 91:940-961.

Machado, R.B. et al 2004. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. Relatório técnico não publicado. Conservação Internacional, Brasília, DF.

Mendonça, R., J. Felfili, B. Walter, J.C. Silva Jr., A. Rezende, T. Filgueiras & P. Nogueira. 1998. Flora vascular do Cerrado. In: S. Sano & S. Almeida (eds.). Cerrado. Ambiente e flora. pp. 288-556. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa - Cerrados, Planaltina, Brasil.

MMA, 1999. Ministério do Meio Ambiente, Portaria nº 345 de 1999. Disponível em [http://www.ibama.gov.br/phocadownload/prevfogo/legislacao/portaria\\_mma\\_345\\_99.pdf](http://www.ibama.gov.br/phocadownload/prevfogo/legislacao/portaria_mma_345_99.pdf). Acessado em novembro de 2020. 1999.

Machado, R.B. et al 2004. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. Relatório técnico não publicado. Conservação Internacional, Brasília, DF.

Morrison, J.H. & Cooke, P.M. 2003. Caring for country: indigenous people managing country using fire, with particular emphasis on Northern Australia. Sumário em: 3rd International

Wildland Fire Conference. Pág. 67. In: Myers, R. L. 2006. Convivendo com o Fogo—Manutenção dos Ecossistemas & Subsistência com o Manejo Integrado do Fogo. Iniciativa Global para o Manejo do Fogo. The Nature Conservancy. Disponível em <http://nature.org/fire>, <http://tncfuego.org>. Acessado em agosto de 2020

Myers, R.L. 2006. Living with fire: sustaining ecosystems and livelihoods through integrated fire management. The Nature Conservancy, Arlington, VA, USA. [http://www.tncfire.org/documents/Integrated\\_Fire\\_Management\\_Myers\\_2006.pdf](http://www.tncfire.org/documents/Integrated_Fire_Management_Myers_2006.pdf)  
[http://www.tncfire.org/documents/el\\_manejo\\_integral\\_del\\_fuego.pdf](http://www.tncfire.org/documents/el_manejo_integral_del_fuego.pdf)

Ramos-Neto, M.B. & Pivello, V.R. Lightning fires in a Brazilian savanna national park: rethinking management strategies. *Environmental Management* 26: 675-684. 2000.

Raw, A. & Hay, J. D. 1985. Fire and other factors affecting a population of *Simaruba amara* in a "cerradão" near Brasília, Brasil. *Revta. Brasil. Bot.*, 9: 101-107.

Rodríguez, I. 2004. Conocimiento indígena vs científico: El conflicto por el uso del fuego en el Parque Nacional Canaima, Venezuela. *Interciencia* 29:121-129.

Santopuoli, G., Cachoeira, J.N., Marchetti, M., Viola, M.R., Giongo, M. 2017. Explore inhabitants' perceptions of wildfire and mitigation behaviours in the Cerrado biome, a fire-prone area of Brazil. *Annals of Silvicultural Research*. <http://ojs-cra.cilea.it/index.php/asr>. 41 (1), 2017: 29-40.

Setterfield, S.A. 2002. The impact of experimental fire regimes on seed production in two tropical eucalypt species in northern Australia. *Aust J Ecol* 22:279–287

Tansey, K. et al. 2004. Vegetation burning in the year 2000: global burned area estimates from SPOT VEGETATION data. *Journal of Geophysical Research* 109,D14S03,doi:10.1029/2003JD003589.

van Wilgen et al., 2007. The contribution of fire research to fire management: a critical review of a long-term experiment in the Kruger National Park, South Africa. *International Journal of Wildland Fire*, 16, p 519-530. doi 10.1071/WF06115.

Werner, P.A. & Prior, L.D., 2013. Demography and growth of subadult savanna trees: Interactions of life history, size, fire season, and grassy understory. *Ecol. Monogr.* 83, 67–93. <https://doi.org/10.1890/12-1153.1>.

Whelan RJ, Tait I 1995. Respose of plant populations to fire: fire season as an understudied element of fire regime. CALMscience 4 (supplement), 174 -150.

## **CONCLUSÕES GERAIS**

De acordo com os resultados do trabalho, foi possível estabelecer um panorama da percepção do risco de incêndios florestais para os habitantes do Sítio Histórico e Patrimônio Cultural Kalunga, entretanto, outros aspectos devem ser adicionados para conclusões sobre a totalidade dos mecanismos que estão diretamente relacionados à formulação dessas percepções. Fica evidente que a formação conceitual do tem um arcabouço complexo e diverso.

A mudança e criação de conceitos gerais na população passam por compreender os diversos modos de assimilação do conhecimento. Fato que fica evidente quando se avalia o conhecimento dos entrevistados sobre o manejo institucional de incêndios florestais em comparação com a percepção de risco inerente, um consenso mais bem estruturado entre os entrevistados.

Lacunas de conhecimento são onipresentes no tema incêndios florestais. Tais vultos de informações ocasionam entre os atores efeitos diversos que vão desde dúvidas sobre competências legais dos mesmos e de outros, deveres e direitos ou mesmo quais as normativas vigentes. Observamos que a abordagem sobre tende a seguir os aspectos restritos da norma legal, muitas vezes de versões inválidas.

Ações de treinamento e atuação no tema são efetivas para assimilação do conhecimento sobre incêndios florestais. Tais atividades aumentaram efetivamente o conhecimento sobre aspectos gerais do assunto.

Ficou manifestado que o risco dos incêndios para aqueles que habitam a zona rural é maior que para os habitantes da zona urbana. Tal fato evidencia a necessidade de ações voltadas à prevenção e conscientização nas zonas urbanas de influência às regiões que sofrem incêndios.

O baixo tamanho de efeito das variáveis inspecionadas no nível da paisagem nas relações analisadas evidencia que outros aspectos devem ser usados com objetivo de melhorar nosso entendimento sobre o padrão de ocorrência de incêndios florestais no Sítio Histórico e Patrimônio Cultural Kalunga. Ficando reforçada a ideia de que a avaliação de distâncias entre fatores diversos e a origem dos focos de calor possam ser aplicadas em outras áreas e em adição a outros aspectos para determinação de zonas de risco.

Mesmo com baixo tamanho de efeito das variáveis inspecionadas no nível da paisagem, as zonas de risco de incêndios florestais geradas, no contexto do intervalo do estudo, apresentaram um resultado coincidente ao da ferramenta atualmente usada no planejamento preventivo. Observamos que o trabalho de perícias ambientais e consequente estabelecimento de gradiente de risco refletem no caso do SHPCK, mesmo por critérios independentes, coincide com aqueles determinados pelos mapas de material combustível. Mesmo que os valores dos efeitos não tenham sido altos, os resultados evidenciam a importância de estabelecer ações preventivas principalmente nas vegetações savânicas, áreas de uso para agricultura e pastagens.

O zoneamento de risco e a determinação de novas ferramentas para o planejamento preventivo com base em modelos simplificados são efetivamente uma ferramenta aplicável no contexto do SHCK e fundamentam tanto a justificativa de ações quanto o ordenamento de custos do processo. Assim como a importância de manter equipes de pronto emprego para

responder a eventos. A diversidade de aspectos com importância, seja ambiental, cultural ou econômica, aumentam a necessidade de mitigação dos recorrentes incêndios vegetacionais que atingem a região.

Ficou evidente a importância do preparo dos agentes com base em simulações e planos de ação para que os incêndios no Cerrado possam ser combatidos com maior eficiência, principalmente considerando que a época do ano na qual sua frequência aumenta já é conhecida, e que os efeitos decorrentes das mudanças climáticas potencialmente irão ampliar ainda mais tais ocorrências.

Modelos computacionais e simuladores simplificados, como o apresentado neste trabalho, podem se mostrar bastante úteis para otimização dos esforços com mínimo custo e máxima mitigação de efeitos nocivos. Tais ferramentas em adição a informações como as colhidas no trabalho proporcionam aos tomadores de decisão a possibilidade de planejamento mais efetivo de ações assim como objeto comprobatório para justificar a necessidade de recursos.