



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA FLORESTAL
CAMPUS DE PATOS**

FELLIPE RAGNER VICENTE DE ASSIS

**USO DE GEOTECNOLOGIAS NA LOCAÇÃO ESPACIAL DE TORRES PARA
DETECÇÃO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS**

PATOS – PARAÍBA – BRASIL

2013

Fellipe Ragner Vicente de Assis

**USO DE GEOTECNOLOGIAS NA LOCAÇÃO ESPACIAL DE TORRES PARA
DETECÇÃO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal, para obtenção do Grau de Engenheiro Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Izaque Francisco Candeia de Mendonça

PATOS – PARAÍBA – BRASIL

2013

FICHA CATALOGRÁFICA
Dados de Acordo com AACR2, CDU E CUTTER
Biblioteca Setorial - CSTR/UFCG – Campos de Patos-PB

A848u
2013

Assis, Fellipe Ragner Vicente de

Uso de geotecnologias na locação espacial de torres para detecção de incêndios florestais / Fellipe Ragner Vicente de Assis. - Patos: CSTR/UAEF, 2013.

43 f.: il.

Inclui bibliografia.

Orientador: Izaque Francisco Candeia de Mendonça

Monografia (Graduação em Engenharia Florestal). Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande.

1- Bacia Hidrográfica. 2 – Incêndios florestais. 3 – Geoprocessamento.

I - Título

CDU: 556.51

Fellipe Ragner Vicente de Assis

**USO DE GEOTECNOLOGIAS NA LOCAÇÃO ESPACIAL DE TORRES PARA
DETECÇÃO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal, para obtenção do Grau de Engenheiro Florestal.

Aprovada em 27 de Fevereiro de 2013.

Prof. Dr. Izaque Francisco Candeia de Mendonça (UAEF/UFCG)
Orientador

Prof. Dr. Antônio Amador de Sousa (UAEF/UFCG)
1º Examinador

Prof. Dr. Josuel Arcanjo da Silva (UAEF/UFCG)
2º Examinador

À minha namorada

Bruna Luanna

Aos meus amigos de Universidade

José Evanaldo, Raony Galvão, Yuri Lucas, Marcelo Lucena e Jordânia Xavier

À minha família E.J.C.

Audeci, Rejane, Gláuber, Silvania, André, Franklin, Diêgo, Jéssica e Héberly

DEDICO

Aos meus pais

Gemilson Vicente de Assis (In Memoriam)

Cláudia Rejane Maria Diniz Vicente de Assis

Aos meus Avós

Gabriel Vicente de Assis

Rita Alves de Assis

Aos meus irmãos

Rodrigo Wagner Vicente de Assis

Danillo Fagner Vicente de Assis

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, o Altíssimo Senhor dos senhores, o Rei imperialmente e soberano da minha existência, que não tem limites em me afortunar de bênçãos e coragem para enfrentar todas as tribulações.

À minha família, em especial a minha mãe e meus avós, pelo amor gratuitamente ofertado, por toda dedicação e confiança em mim depositada.

À minha namorada, Bruna Luanna, pela compreensão, paciência, carinho, por está sempre presente incentivando e dando apoio na jornada acadêmica e, sobretudo por todo seu amor.

A José Evanaldo Rangel da Silva, por sua contribuição imensa e incalculável para a realização da pesquisa e por todos os anos acadêmicos de convivência e aprendizado.

Ao professor Izaque Francisco Candeia de Mendonça, por sua valiosa colaboração com a pesquisa e por sua confiança e amizade ao longo de toda graduação.

Aos meus amigos de turma, Ane Cristine, Aretha Martins, Camila Costa, Jordânia Xavier, Marcelo Lucena, Raony Galvão e Yuri Lucas pela amizade e por todos os momentos vividos e partilhados, vocês estão gravados como selo em meu coração.

Aos amigos do campus, Evanaldo, Izabela, Gírlânio, Talyta, Rubens, Marlus, Edjane, e a todos os outros da turma 2008.1., por todos os momentos vivenciados.

Aos professores, Izaque, Joedla, Amador, Josuel, Lúcio, Rosileudo, Carminha, Gilvan, Maria de Fátima, Graça Marinho, Carlão, Calegari, Lucineudo, Éder, Elisabeth, Ivonete, Olaf, Alana, Patrícia, Jacob, Elenildo, Diércules, Naelza, Valdir, por todo o ensinamento repassado, por toda contribuição e amizade.

Aos funcionários, Joselito, Seu Valter, Seu Gilvan, Ivanice, Ednalva, Nara, Maria José, Fabiano, Walielson e todos os outros que ajudaram ao longo desses cinco anos.

Por todas as outras pessoas que por acaso não estejam referidas, mas que caminharam e contribuíram em determinado momento ao meu lado ajudando e apoiando, a todos os meus sinceros agradecimentos.

“Quem teme perder já está vencido”.

Jigoro Kano

***“A educação é o nosso passaporte para o futuro, pois,
o amanhã pertence aqueles que se preparam hoje”.***

Malcolm X

ASSIS, Fellipe Ragner Vicente de. **Uso de geotecnologias na locação espacial de torres para detecção de incêndios florestais.** 2013. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos – PB, 2013. 43 p.

RESUMO

Os SIG's constituem ótima ferramenta para implantação de torres para detecção de incêndios, pois possibilitam a manipulação de grande volume de informações. Neste sentido o objetivo do presente estudo foi identificar e gerar um mapa de risco de incêndios florestais, usar estas informações para identificar os locais ideais para implantação de torres de vigilância contra incêndios florestais e, por fim, avaliar a potencialidade do SIG (IDRISI Andes v. 15.0) para aplicação da metodologia proposta. O estudo foi realizado na microbacia do Rio do Saco, município de Santa Luzia – PB. Foram utilizados os softwares IDRISI Andes (Versão 15.0) e AutoCAD 2010, as imagens orbitais GLS 2005 do Landsat-5, sensor TM e ETM, ResourceSat, sensor "LIS3" e o Modelo Digital de Elevação do projeto ASTER GDEM. Os planos gerados foram os mapas de declividade, uso do solo e cobertura vegetal, orientação das encostas, altimetria, temperatura, precipitação e risco potencial de incêndio, que foi correlacionado com as cotas de maior altitude e a proximidade de estradas para alocação das torres. Os resultados mostraram que as três classes de maior risco de ocorrência de incêndios, quando somadas suas áreas de abrangência totalizaram 5863,1 ha (61,64 %), tendo a área um elevado potencial de risco de incêndio. Já com relação à locação das torres, a torre 1 (T1) proporcionou maior visualização (41,2 %) das áreas de risco alto, muito alto e extremo, relativo as demais torres individualmente. Já se tratando de duas torres simultâneas a combinação que apresentou maior área de visualização foi T1 + T5 (74,9%), com ganho de 20% se comparado à implantação apenas de T1. Os resultados traduzem êxito da metodologia na determinação dos locais ideais para instalação de torres de vigilância contra incêndios florestais, atendendo satisfatoriamente aos objetivos propostos, permitindo a indicação dos procedimentos metodológicos adotados em outras áreas da região semiárida do Nordeste brasileiro com características fisiográficas semelhantes à área avaliada nessa pesquisa. A utilização do SIG mostrou-se satisfatória, uma vez que suas rotinas foram capazes de atender, de forma rápida precisa, a todos os procedimentos requeridos para o trabalho.

Palavras-chave: Geotecnologias. Riscos de incêndios. Bacia hidrográfica.

ASSIS, Felipe Ragner Vicente de. **Using geotechnology on space towers for forest fire detection.** 2013. Monograph (Graduation in Forestry Engineering) - Federal University of Campina Grande, Health and Rural Technology Center, Patos - PB, 2013. 43 p.

ABSTRACT

The SIG's are a great tool for deployment of towers for fire detection, they allow the manipulation of large volumes of information. In this sense the objective of this study was to identify and generate a map of risk of forest fires, use this information to identify the ideal locations for deployment of watchtowers against wildfires and ultimately evaluate the potential of GIS (IDRISI Andes v . 15.0) for the proposed methodology. The study was conducted in the watershed of the Saco River in the city of Santa Luzia - PB. We used the IDRISI Andes software (Version 15.0) and AutoCAD 2010, 2005 GLS satellite images from Landsat-5, sensor TM and ETM, ResourceSat, sensor "LIS3" and Digital Elevation Model ASTER GDEM project. The plans were generated maps of slope, land use and vegetation cover, orientation of slopes, altitude, temperature, precipitation and potential fire hazard, which was correlated with the dimensions of higher altitude and proximity to roads for allocation of the towers. The results showed that the three classes of higher risk of fires, when added their coverage areas totaled 5863.1 ha (61.64%), with the area of high potential risk of fire. Now with regard to the lease of the towers, the tower 1 (T1) provided greater viewing (41.2%) of the areas of high risk, very high and extreme on the other towers individually. Already dealing with two towers simultaneous combination with the highest viewing area was T1 + T5 (74.9%), with a gain of 20% compared to the deployment of T1 only. The results reflect successful methodology in determining the ideal locations for installation of watchtowers against forest fires, satisfactorily meeting the proposed objectives, allowing the indication of the methodological procedures adopted in other areas of the semiarid region of northeastern Brazil with characteristics similar to the physiographic area evaluated this research. The use of GIS was satisfactory, since their routines were able to meet, quickly need in all procedures required for the job.

Keywords: Geotechnology. Risk of fire. Watershed

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação do risco de incêndios florestais segundo o Uso da Terra e Cobertura Vegetal	22
Tabela 2 – Classificação do risco de incêndios florestais segundo a altimetria.....	24
Tabela 3 – Classificação do risco de incêndios florestais segundo a média histórica de temperatura (°C).....	25
Tabela 4 – Classificação do risco de incêndios florestais segundo média histórica de precipitação (mm).....	26
Tabela 5 – Classificação dos riscos de incêndios segundo o somatório das variáveis físicas de riscos de incêndios florestais.....	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de Localização do Estado da Paraíba, com destaque do município de Santa Luzia/PB e da microbacia hidrográfica do Rio do Saco	19
Figura 2 – Modelo de elevação da microbacia hidrográfica do Rio do Saco	30
Figura 3 – Mapa de declividade da microbacia hidrográfica do Rio do Saco	31
Figura 4 – Mapa altimétrico da microbacia hidrográfica do Rio do Saco	32
Figura 5 – Mapa de orientação das encostas da microbacia hidrográfica do Rio do Saco	33
Figura 6 – Mapa de uso do solo e cobertura vegetal da microbacia hidrográfica do Rio do Saco	34
Figura 7 – Mapa de risco de incêndios florestais na microbacia do Rio do Saco	35
Figura 8 – Pontos selecionados para locação das torres de controle de incêndios florestais na microbacia do Rio do Saco	36
Figura 9 – Áreas de risco potencial de incêndios visualizada com a implantação pela torre 1 (T1)	37
Figura 10 – Áreas de risco potencial de incêndios visualizada com a implantação das torres T1/T5	39

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	Generalidades sobre incêndios florestais	15
2.2	Incidência de incêndios florestais no Brasil e no semiárido.....	15
2.3	Prevenção e combate a incêndios florestais	16
2.4	Utilização de SIG na Instalação de Torres de Incêndios	17
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	19
3.1	Caracterização da Área de Estudo.....	19
3.2	Materiais e Softwares Utilizados.....	20
3.3	Metodologia Proposta.....	20
3.3.1	Variáveis Físicas de Riscos de Incêndios Florestais	20
a]	Declividade	20
b]	Uso da Terra e Cobertura Vegetal.....	21
c]	Orientação das Encostas.....	22
d]	Altimetria	23
e]	Temperatura	24
f]	Precipitação.....	25
3.3.2	Mapa de Risco	26
3.3.3	Critérios para Escolha do Local de Instalação das Torres	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.1	Modelo Digital do Terreno (MDT)	30
4.2	Declividade	30
4.3	Altimetria	31
4.4	Orientação das Encostas	32
4.5	Uso do solo e Cobertura Vegetal.....	33
4.6	Temperatura e Precipitação	34
4.7	Mapa de Risco de Incêndios Florestais.....	35
4.8	Locação Espacial das Torres de Vigilância contra Incêndios.....	36
5	CONCLUSÕES	40
	REFERÊNCIAS.....	41

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas ambientais, especialmente aqueles mais fragilizados em seus aspectos físicos, químicos e biológicos, tem ao longo das últimas décadas recebidas ações antrópicas consideráveis, que associadas a causas naturais tem promovido crescentemente sérios riscos à manutenção da estabilidade cinética do meio. Intrínseco a este contexto destacam-se os incêndios florestais, sua ação é imperativa a estabilidade no processo de resiliência ambiental, promovendo deste modo sérios riscos à sustentabilidade do meio.

Vários fatores estão ligados diretamente à ocorrência de incêndios florestais, as variáveis climáticas, o material combustível característico da área, relevo, dentre outros, desse modo surgem preocupações relativas à prevenção, principalmente de quem trabalha a frente de projetos de plantio comerciais, unidades de conservação, RPPN's, Reservas e Estações Ecológicas, entre outras.

O semiárido do Nordeste brasileiro se caracteriza pela irregularidade na distribuição espacial e temporal das precipitações pluviométricas. Este aspecto associado às elevadas temperaturas registradas ao longo do ano e à prática da agricultura familiar intensiva, além de outros aspectos (físicos e antrópicos), contribui sobremaneira para a ocorrência difusa de incêndios florestais.

O presente trabalho foi desenvolvido na Bacia Hidrográfica do Rio do Saco localizada no município de Santa Luzia – PB, na região Central Norte do estado da Paraíba, Meso Região da Borborema e Micro Região do Seridó Ocidental paraibano, tendo sua ocupação espacial em áreas de caatinga, portanto, áreas que se caracterizam por extrema fragilidade ambiental.

Através do uso de geotecnologias voltadas ao planejamento ambiental se investigou o aumento da capacidade de prevenção aos incêndios florestais com a utilização de torres de observação. Nesta pesquisa propôs a definição espacial dos locais mais propícios à instalação das torres de observação, observando-se os fatores e variáveis de influência local no combate a incêndios.

Para a integração das variáveis envolvidas, foi empregado no referido estudo, Sistema de Informações Geográficas (IDRISI v. 15.0) que integra por seu termo, diferentes variáveis ambientais.

O objetivo do trabalho foi utilizar geotecnologias como ferramenta para determinar locais ideais para implantação de torres de vigilância contra incêndios

florestais, bem como o número ótimo de torres a serem instaladas para atingir uma alta visibilidade da área de estudo. O trabalho também avaliou a eficiência da metodologia aplicada para o seu futuro desenvolvimento em outras áreas com características ambientais similares, se identificou as áreas que possuem o maior risco de ocorrência de incêndios florestais a partir da análise de diversos fatores naturais, gerou-se um mapa síntese de risco a partir das variáveis estudadas e, por fim, avaliou-se a potencialidade do SIG (IDRISI Andes v. 15.0) como ferramenta indispensável para aplicação e eficiência da metodologia proposta.

A aplicação da metodologia na área de estudo constituirá um instrumento para a distribuição de torres de vigilância contra incêndios florestais permitindo por este meio, sua locação espacial apropriada contribuindo para uma maior eficiência na relação custo benefício nesta prática. Este procedimento gerou dados científicos que subsidiarão a intervenção do homem no controle dos incêndios florestais em áreas de formação florestal no bioma Caatinga.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Generalidades sobre incêndios florestais

Incêndio florestal é o fogo agindo de forma descontrolada em qualquer tipologia vegetal, o mesmo sendo provocado por ações antrópicas ou causas naturais (SILVA, 1998). Dentre os fenômenos naturais os raios vêm como a principal causa, enquanto as principais ações humanas são as seguintes: incendiários; queimadas para limpeza de terreno que fogem ao controle; fumantes que jogam fósforos ou pontas de cigarros acesos pela janela do carro; fogueiras feitas por pessoas em recreação ou trabalhadores; ou mesmo por balões (CODEVASF; PIAUÍ, 2010).

Quanto aos prejuízos provocados pelos incêndios se tem: humanos (perda de vidas), ambientais (danos a fauna e flora) e econômicos, como a destruição dos habitats, prejuízos às florestas, além dos custos envolvidos no combate ao fogo (SANTOS, 2004).

Em se tratando de preservação do meio ambiente dos efeitos lesivos dos incêndios são necessárias políticas protecionistas adequadas às características de cada região. Portanto é necessário conhecer a época do ano e o porquê da sua ocorrência, ou seja, traçar o perfil dos incêndios florestais de cada região é de extrema importância para o estabelecimento das supracitadas políticas que tem por objetivo o controle e a prevenção dos mesmos (SANTOS et al., 2006).

2.2 Incidência de incêndios florestais no Brasil e no semiárido

As estatísticas mostram que o início da maioria dos incêndios florestais no Brasil é advindo direta ou indiretamente das atividades humanas (BATISTA, 2000). Somadas às ações antrópicas vem as condições meteorológicas influenciando diretamente na ocorrência de incêndios, podendo a quantidade e a magnitude de destruição aumentarem ou diminuir entre os anos conforme se modificam os índices pluviométricos e as demais variáveis meteorológicas. Portanto, o registro da ocorrência de incêndios é extremamente importante para o delineamento de estratégias de prevenção e combate (MEDEIROS; FIEDLER, 2003). Um exemplo da importância dessas informações são os prejuízos causados pelo incêndio acidental

de Roraima em 1998, que devastou cerca de 3,3 milhões de hectares, sendo 1 milhão de hectares cobertos por floresta, causando importantes perdas econômicas e ecológicas (AB'SÁBER, 1998), o que alertou para o aumento crescente da preocupação com os incêndios florestais no Brasil a cada ano devido ao aumento das áreas agrícolas e pastagens, além da ação dos incendiários e do fogo sem intenção (RIBEIRO, 2010).

Já em se tratando do semiárido brasileiro normalmente a ocorrência de incêndios esta ligada ao uso indiscriminado do fogo para preparo do solo usado na pecuária e atividades agrícolas. Esses incêndios são mais propícios na época de estiagem, devido às altas temperaturas e a baixa umidade do ar, além do aumento da velocidade do vento nesse período, que ainda se somado ao fato da vegetação se encontrar seca, provocando o avanço do fogo com mais facilidade e dificultando sobremaneira o seu combate (SANTOS, 2010).

2.3 Prevenção e combate a incêndios florestais

A melhor maneira de prevenir um incêndio florestal é evitar que ele ocorra. Para isso, conscientizar a população, por meio da educação ambiental, sobre os riscos e prejuízos ocasionados pelo fogo é a melhor técnica para prevenir os incêndios causados por ações antrópicas, uma vez que quando se cria a consciência dos efeitos nocivos do fogo descontrolado passa-se a ter mais cuidado com o seu manuseio em áreas florestais (NEUMANN, 1996; SOARES, 2000).

No Brasil, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), representa a única instituição pública que atua em nível nacional com ações preventivas a incêndios florestais, por meio do Prevfogo.

O Prevfogo – Centro Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais – foi criado em 1989 como resposta aos alarmantes dados pelo INPE em relação aos focos de calor no Brasil, foi a forma encontrada para promoção de atividades educativas, desenvolvimento científico para manejo, controle e prevenção de incêndios florestais no território nacional (BRASIL, 1998)

O Prevfogo, a partir do programa *Brigadas do Prevfogo em municípios críticos* desde 2001, atua contratando brigadas temporárias para prevenção e controle de incêndios florestais em municípios considerados susceptíveis a tais eventos. Inicialmente, no ano de 2008, abrangia 31 municípios localizados nos

domínios da Amazônia Legal. Em 2010 estava presente em 86 municípios, atendendo 14 Estados, abrangendo diferentes biomas como Amazônia, Caatinga, Cerrado e Pantanal, de maneira que assumiu importante papel na prevenção e controle de incêndios nas áreas de maiores riscos (MMA; IBAMA; PREVFOGO, 2010).

Prevedendo-se que os incêndios florestais não deixarão de existir outras medidas podem ser tomadas, como a utilização de pontos de vigilância em áreas susceptíveis a incêndios, sendo a vigilância feita de maneira fixa ou móvel nesses pontos. Em se tratando de vigilância fixa, as torres de observação constituem-se na sua principal forma. Essas torres são instaladas em locais estratégicos, geralmente os mais elevados e que possibilitem maior cobertura visual das áreas a serem protegidas.

Já se tratando de combate, agir rapidamente antes que o incêndio se alastre e se torne incontrolável, consiste na forma mais eficiente, mas para que isso seja possível é essencial um bom sistema de detecção, que proporcione descobrir um incêndio em no máximo 15 minutos e uma rápida atuação da equipe para controle das chamas. Quando a área possui torres de observação esse processo é agilizado e aos primeiros sinais de focos de incêndio a brigada é acionada e o incêndio pode ser combatido com maior eficiência e rapidez, visto que após ele se tornar incontrolável, apenas forças naturais (chuvas, neve, rios, montanhas, barreiras) poderá conter suas chamas (SOARES, 1985).

2.4 Utilização de SIG na Instalação de Torres de Incêndios

A utilização de torres de observação constitui um ótimo método de detecção dos focos de incêndio por reduzirem o tempo do primeiro combate (VENTURI, 2006). Além disto, segundo Oliveira (2002), auxiliam na construção de estradas para acesso às áreas de maior risco e na melhor distribuição dos locais estratégicos destinados a equipamentos e recursos utilizados no combate. Porém, como elas representam uma parte expressiva do orçamento de um sistema de prevenção, a sua implantação exige um planejamento cuidadoso, no sentido da utilização do menor número de torres para cobrir a maior área possível. Nesse sentido, os sistemas de informações geográficas (SIG) constituem uma ótima ferramenta, por possibilitar a combinação dos mais variados planos de informações, permitindo a

associação ideal entre quantidade necessária de torres e a área máxima de visualização (NOGUEIRA, 2002).

O advento do SIG veio também melhorar a precisão e os custos do estudo de instalação das torres de incêndio, anteriormente conduzido de forma manual, usando mapas planialtimétricos para marcar os locais de maior altitude e a partir destes pontos traçar perfis com raios pré-definidos. As maiores dificuldades para a alocação das torres manualmente era a lentidão em trabalhar com informações em papel, de forma que em muitos casos não se alcançava a eficiência desejada (VENTURI, 2006). Neste sentido as técnicas de geoprocessamento se mostram de grande eficiência na análise de locais para torres de incêndio, por possibilitarem o manuseio simultâneo de grande quantidade de dados, o que agiliza o processo e reduz os custos (SANTOS et al., 2006).

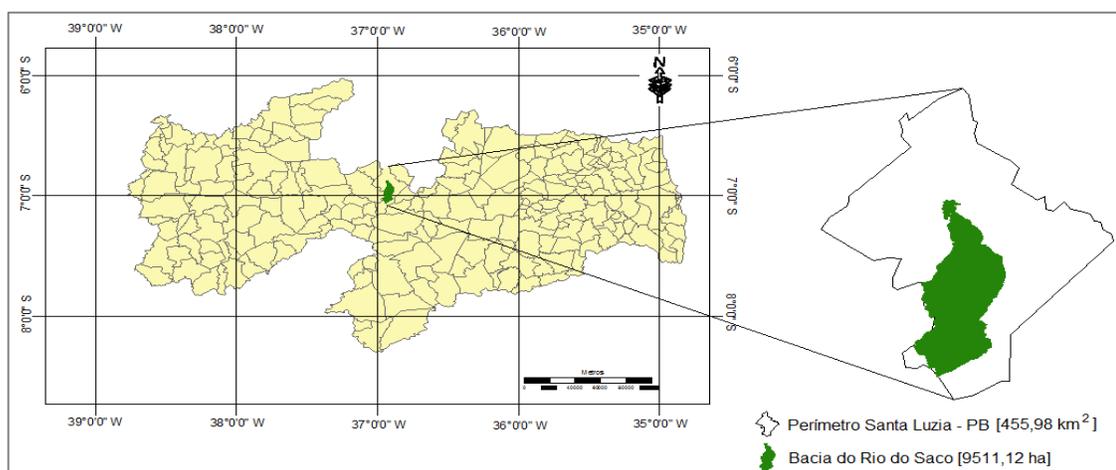
Em suma, as novas tecnologias de informação e de tratamento de dados espaciais (redes, internet, computação gráfica, comunicação, imageamento remoto e geoprocessamento, entre outras) se tornam instrumentos indispensáveis ao geoplanejamento, possibilitando além da espacialização da informação, maior acessibilidade, precisão e velocidade na obtenção e processamento dos dados necessários às análises, como no caso da escolha de locais ótimos para implantação de torres de vigilância contra incêndios florestais. Essas novas tecnologias ganham importância cada vez maior, pois propiciam conhecer melhor o espaço e a sociedade que o produz e mais refinadamente, especializar as relações entre os dois, como subsídio à tomada de decisão (VEIGA e SILVA, 2004).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização da Área de Estudo

A microbacia do Rio do Saco localiza-se no município de Santa Luzia – PB, na região Central Norte do estado da Paraíba, Meso Região da Borborema e Micro Região do Seridó Ocidental paraibano (Figura 1).

Figura 1 – Mapa de Localização do Estado da Paraíba, com destaque do município de Santa Luzia/PB e da microbacia hidrográfica do Rio do Saco



Fonte – (ASSIS, 2013)

Situada hidrograficamente na Bacia Piranhas-Açu, Sub-bacia do Rio Seridó, a microbacia do Rio Saco possui uma área de 9511,12 hectares e está circunscrita às coordenadas geográficas 6°52'24.22" a 7° 3'22.98" de latitude sul e 36°52'13.71" a 36°57'9.41" de longitude a oeste de Greenwich, sendo importante contribuinte do Rio Quipauá, principal curso da drenagem do município de Santa Luzia – PB.

O clima da área de estudo é do tipo Bsh-Tropical, quente seco, semiárido com chuvas de verão. A média anual de pluviosidade é de 547,8 mm concentrados nos quatro primeiros meses do ano.

A vegetação predominante é a caatinga hiperxerófila, do tipo arbustiva arbórea aberta, enquanto o relevo varia de ondulado a fortemente ondulado nas porções sudoeste e sul, com altitudes aproximadas de 826 metros, e de ondulado a suavemente ondulado na porção norte, com cotas aproximadas de 253 metros (CPRM, 2005; ALVES et al. 2011).

3.2 Materiais e Softwares Utilizados

- Carta Planialtimétrica da SUDENE, editada em 1985 e digitalizada em 1996, folhas de Jardim do Seridó – RN (SB.24 – Z – B – V) e Juazeirinho – PB (SB.24 – Z – D – II), na escala 1:100.000;
- Imagens GLS 2005 do Landsat-5, sensor TM e ETM;
- Imagens do satélite ResourceSat (duas imagens), sensor “LIS3”, orbita 337, ponto 081, bandas 2, 3 e 4, com datas de passagem em 21/04/2012 e 30/10/2012, 0 e 10%, respectivamente, de cobertura de nuvens para a área de estudo, e;
- Modelo Digital de Elevação do projeto ASTER GDEM (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer Global Digital Elevation Model).
- Softwares IDRISI Andes (Versão 15.0), AutoCAD 2010 e GPS absoluto Garmin Oregon 550;

3.3 Metodologia Proposta

3.3.1 Variáveis Físicas de Riscos de Incêndios Florestais

As variáveis comumente consideradas na avaliação de riscos de incêndios florestais são aquelas que exercem forte influência na propagação do fogo, a saber: condições climáticas, tipo de cobertura vegetal e topografia.

Para tanto foram gerados planos de informações relativos a cobertura vegetal, declividade, orientação das encostas, altimetria e normais climatológicas de temperatura e precipitação. A integração destes planos para a geração do mapa de riscos de incêndios foi implementada através do Sistema de Informações Geográficas (IDRISI v. 15.0).

a] Declividade

A análise da primeira variável analisada para determinação do risco potencial à ocorrência de incêndios florestais deu-se através do estudo da declividade, sendo esta uma variável topográfica que ocasiona elevada propagação das chamas e direciona o sentido do fogo, facilitando a transferência de calor no sentido do active. À medida que há aumento gradativo do grau de inclinação do

terreno, o risco de danos ao meio ambiente, proporcionado por incêndios florestais, tende a se elevar.

O mapa de declividade da área de estudo foi obtido a partir do Modelo Digital de Elevação (MDT), o qual foi integrado no software Idrisi v. 15.0 através do módulo GIS analysis>Surface Analysis>Topographic Variables>Slope. Após essa etapa, foi realizada uma reclassificação do mapa de declividade para a obtenção de 5 classes de risco de incêndios florestais as quais variaram de baixo a extremo risco de ocorrência.

Conforme a metodologia proposta foi avaliado o risco de incêndios florestais em relação à declividade de acordo com a classificação adaptada por Soares (1985), que ordenou a declividade em 5 classes e atribuiu para cada uma, coeficientes referentes ao risco de incêndio (Quadro 1).

Quadro 1 – Classificação do risco de incêndios florestais segundo a declividade do terreno

Inclinação (%)	Risco	Coefficiente
Até 15	Baixo	1
15-25	Moderado	2
25-35	Alto	3
35-45	Muito alto	4
> 45	Extremo	5

Fonte – (SOARES, 1985)

b] Uso da Terra e Cobertura Vegetal

O plano de informações do uso atual da terra foi gerado a partir de uma classificação visual com base em elementos de reconhecimento (tonalidade, textura e forma), usando duas imagens do satélite ResourceSat (duas imagens), sensor “LIS3”, orbita 337, ponto 081, bandas 2, 3 e 4, com datas de passagem em 21/04/2012 e 30/10/2012, 0 e 10%, respectivamente, de cobertura de nuvens para a área de estudo. A partir das bandas espectrais utilizadas, foi gerada uma composição colorida 2B4G3R para obtenção de uma melhor visualização e identificação dos alvos de interesses. A rotulação das tipologias de vegetação foi baseada em amostragem de campo.

Após a determinação do mapa de uso e identificação de cada tipologia presente na área de estudo, procedem-se à distribuição em classes, dos temas obtidos de acordo com sua vulnerabilidade ao fogo, com atribuição dos coeficientes relativos ao nível de risco de incêndio que cada uma está sujeita, sendo esta utilizada como base para a elaboração do mapa de risco de incêndio em relação à cobertura vegetal (Tabela 1).

Tabela 1 – Classificação do risco de incêndios florestais segundo o Uso da Terra e Cobertura Vegetal

Uso da Terra e Cobertura Vegetal	Risco	Coefficiente
Afloramentos rochosos, exploração mineral e área degradada	Baixo	1
Caatinga Arbustiva Arbórea Fechada (CAAF) e reflorestamento	Moderado	2
Culturas agrícolas e associações (culturas agrícolas + pastagens)	Alto	3
Caatinga Arbustiva Arbórea Aberta	Muito alto	4
Pastagem (pasto nativo e campo sujo)	Extremo	5

Fonte – (ASSIS, 2013)

c] Orientação das Encostas

Com relação às faces de exposição à incidência solar (aspecto), outra variável de grande relevância na pesquisa, verificou-se que o risco de ocorrência de incêndios florestais é diretamente proporcional à maior exposição do relevo à exposição solar e, por conseguinte, o aquecimento mais rápido do material combustível neste inserto.

O plano de informações correspondente ao mapa de exposição foi gerado a partir do Modelo Digital do Terreno (MDT) do projeto ASTER GDEM (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer Global Digital Elevation Model), com resolução espacial de 30 metros. Com a utilização do Idrisi v. 15.0, utilizou-se o módulo GIS analysis>Surface Analysis>Topographic Variables>Aspect,

o qual gerou o mapa de aspecto. Este por sua vez, foi reclassificado a partir do módulo Reclash dando origem a 5 classes de faces de exposição à incidência solar.

A partir da classificação adaptada por Ferraz e Vettorazzi (1998) para o hemisfério Sul, foi determinado o risco de incêndio para todas as faces de exposição e seus respectivos coeficientes. Estes coeficientes encontram-se descritos no Quadro 2, a seguir.

Quadro 2 – Classificação do risco segundo a orientação das encostas

Ângulo de orientação	Exposição	Risco	Coeficiente
112,5° a 247,5°	SE / S / SW	Baixo	1
67,5° a 112,5°	E	Moderado	2
22,5° a 67,5°	NE	Alto	3
247,5° a 337,5°	NW / W	Muito alto	4
337,5° a 22,5°	N	Extremo	5

Fonte – (FERRAZ e Vettorazzi, 1998)

d] Altimetria

A altitude tem relação direta com a umidade relativa do ar, sendo esta última mais elevada à medida que se verifica incremento na altimetria do terreno. Esta elevação da umidade relativa do ar proporciona, por seu termo, aumento da umidade do material combustível e, por conseguinte redução no risco de ocorrência de incêndio.

Outro fator fundamental está direcionado às variações que ocorrem na temperatura em relação à altitude. Soares e Batista (2004) citam que a partir da superfície do solo ocorre uma variação na temperatura do ar, responsável pela formação de um gradiente que determina a taxa de variação de temperatura, correlato à altitude. Os mesmos autores indicam um valor médio para esses processos adiabáticos, onde a cada 100 metros de altitude há uma redução na temperatura de 0,6 ° C.

Para obter o mapa de altimetria foram estabelecidas 5 classes hipsométricas a partir da amplitude altimétrica da área de estudo, aplicando-se para cada classe

coeficientes de vulnerabilidade associadas ao risco potencial de ocorrência de incêndio florestal (Tabela 2).

Tabela 2 – Classificação do risco de incêndios florestais segundo a altimetria

Classe altimétrica	Risco	Coeficiente
De 253 a 353 m	Extremo	5
De 353 a 453 m	Muito alto	4
De 453 a 553 m	Alto	3
De 553 a 653 m	Moderado	2
Acima de 653 m	Baixo	1

Fonte – (ASSIS, 2013)

e] Temperatura

A maior susceptibilidade a ocorrência de incêndios florestais é diretamente proporcional à elevação da temperatura do ar, visto que esta condição resulta numa redução da umidade do material combustível.

Foram estabelecidas classes de risco potencial de incêndios, como também seus respectivos coeficientes de susceptibilidade, a partir das temperaturas médias.

Os dados de temperatura média do município de Santa Luzia foram obtidos do site do DCA (Departamento de Ciências Atmosféricas), sendo consideradas as médias mensais segundo a série histórica de 1950 a 2002. Para avaliar a influência desta variável o período foi dividido em três épocas: 1 – Janeiro a Abril, 2 – Maio a Agosto e 3 – Setembro a Dezembro. Em seguida foi determinada a temperatura média para os três períodos estabelecidos, Constatando-se que a média referente ao terceiro período (Setembro a Dezembro) apresentou maior temperatura média. Consequentemente este período apresenta maior potencial à ocorrência de incêndios florestais. Sendo assim, foi gerado um mapa de temperatura média mensal para o período de maior risco, sendo atribuídos pesos com base na média segundo a série histórica de cada mês (Tabela 3).

Tabela 3 – Classificação do risco de incêndios florestais segundo a média histórica de temperatura (°C)

Meses	Média histórica de temperatura (°C)	Risco	Coeficiente
Setembro	23,40	Baixo	1
Outubro	24,15	Moderado	2
Novembro	24,54	Alto	3
Dezembro	24,82	Extremo	4

Fonte – (ASSIS, 2013)

f] Precipitação

A precipitação tem influência direta na composição das variáveis e consequentemente no risco de Incêndios florestais, sendo que quanto maior a precipitação maior será a umidade do material combustível, reduzindo, assim, a propagação de incêndios.

Foram estabelecidas classes de risco potencial de incêndios, como também seus respectivos coeficientes de susceptibilidade, a partir da precipitação média da área de estudo (Tabela 4).

Os dados de precipitação média do município de Santa Luzia foram obtidos do site do DCA (Departamento de Ciências Atmosféricas), sendo consideradas as médias mensais segundo a série histórica de 1911 a 1990. A metodologia utilizada para esta variável seguiu a estabelecida para temperatura, determinando-se o período que apresentou precipitações médias mais baixas, de forma que o período mais crítico se concentrou nos meses de Setembro a Dezembro, revelando-se como o de maior potencial à ocorrência de incêndios florestais. Sendo assim, foi gerado um mapa de precipitação média mensal para o período de maior risco, sendo atribuídos pesos com base na média segundo a série histórica de cada mês.

Tabela 4 – Classificação do risco de incêndios florestais segundo média histórica de precipitação (mm)

Meses	Média histórica de precipitação (mm)	Risco	Coefficiente
Setembro	1,40	Extremo	4
Outubro	3,50	Alto	3
Novembro	8,50	Moderado	2
Dezembro	21,20	Baixo	1

Fonte – (ASSIS, 2013)

3.3.2 Mapa de Risco

Para geração do mapa de risco de incêndios foram integradas todas as variáveis contextualizadas, a partir dos seus respectivos planos de informações, sendo: variáveis associadas à topografia (declividade, orientação das encostas e altimetria), à vegetação (cobertura vegetal) e à climatologia (temperatura e precipitação).

A integração das variáveis foi realizada, a partir de um modelo de ponderação adaptado de Prudente (2010), que indica deste modo os seus níveis de influência na ocorrência de incêndios florestais.

$$\text{RISCO} = 30U + 15T + 25P + 10D + 10A + 10E \quad (01)$$

Sendo: U = coeficiente de risco de incêndios florestais segundo o uso da terra;

T = coeficiente de risco de incêndios florestais segundo a temperatura;

P = coeficiente de risco de incêndios florestais segundo a precipitação;

D = coeficiente de risco de incêndios florestais segundo a declividade;

A = coeficiente de risco de incêndios florestais segundo a altimetria;

E = coeficiente de risco de incêndios florestais segundo a orientação das encostas.

A variável uso da terra recebeu o maior peso (30) porque não ocorre fogo sem a presença de material combustível. A precipitação recebeu o segundo maior

peso (25) porque quanto maior a disponibilidade hídrica menor a probabilidade de ocorrência de incêndio, uma vez que níveis altos de umidade no material combustível absorvem o calor do fogo, além de sua alta concentração nos primeiros meses do ano na área de estudo e baixa ocorrência de setembro a dezembro (período escolhido para o estudo). A temperatura recebeu o terceiro maior peso (15) porque apesar de altas temperaturas propiciarem uma secagem maior do material combustível, foi observado que sua média varia pouco ao longo do ano na área de estudo. Para as variáveis declividade, orientação das encostas e altimetria foi atribuído peso 10, visto que a declividade não influencia na probabilidade de início do incêndio, mas tem forte relação com a velocidade de propagação do fogo. Já a orientação das encostas e altimetria apesar de influírem no início e propagação do incêndio, possuem menor importância que as demais variáveis.

O mapa de risco de incêndios florestais foi gerado a partir do módulo GIS analysis>Database Query>Image Calculator do Idrisi, onde o mesmo integra a soma de todas as variáveis e seus respectivos pesos atribuídos. Finalmente o mapa de risco de incêndios florestais foi gerado e, em seguida, reclassificado para delimitar 5 classes potenciais à ocorrência de incêndios florestais.

Os valores obtidos pelo somatório dos mapas bases variaram entre 175 a 405, sendo que a partir desse resultado foram delimitadas as 5 classes de riscos de incêndios através da amplitude calculada (Tabela 5).

Tabela 5 – Classificação dos riscos de incêndios segundo o somatório das variáveis físicas de riscos de incêndios florestais

Somatória dos mapas de risco preliminares	Classe de risco	Coefficiente
De 175 a 221	Baixo	1
De 221 a 267	Moderado	2
De 267 a 313	Alto	3
De 313 a 359	Muito alto	4
De 359 a 405	Extremo	5

Fonte – (ASSIS, 2013)

3.3.3 Critérios para Escolha do Local de Instalação das Torres

A instalação de torres de vigilância contra incêndios florestais tem como principal objetivo indicar que as áreas de maior risco de ocorrência de incêndios tenham uma observação mais detalhada e cuidadosa. Neste contexto foram considerados os riscos pertinentes ao relevo, faces de exposição, altitude, cobertura vegetal, temperatura e precipitação, a partir dos quais foi confeccionado o mapa de risco de incêndio, sendo este usado como base para a determinação dos locais apropriados para instalação das torres de vigilância contra incêndios florestais.

De acordo com Soares (1985), atender a totalidade de observação da área de estudo a partir da visibilidade das torres é praticamente impossível. Sendo assim, o mesmo autor estima que o alcance de 70 a 80% de visibilidade da área de interesse já pode ser considerado um percentual satisfatório.

A determinação dos locais ideais para instalação das torres de vigilância contra incêndios florestais decorreu da análise de três fatores: a proximidade das áreas que apresentaram maior risco à ocorrência de incêndios florestais correlacionados com as cotas de maior altitude que promovem uma maior área de observação e com a proximidade de estradas, uma vez que esta última tanto promove o acesso às torres quanto aumenta a facilidade e eficiência de combate aos focos de incêndios. A partir dessas três variáveis, foram determinados os locais potenciais à instalação das torres, gerando-se um arquivo vetorial de pontos e, posteriormente, rasterizando-se sobre a máscara da bacia. Em seguida utilizou-se do módulo GIS analysis>Context Operators>Viewshed do Idrisi, para integrar o Modelo Digital do Terreno com os pontos dos possíveis locais de instalação das torres.

Após esses procedimentos, foi avaliada a percentagem de visibilidade a partir da metodologia definida. Caso não fosse satisfatória a área de visibilidade que as torres promovessem, seriam determinados novos locais para avaliação de visibilidade da área de estudo. Do contrário, atendendo a metodologia proposta para a visibilidade, gera-se o mapa que indica a espacialização das torres de vigilância contra incêndios florestais.

Por fim, através do módulo Gis Analysis>Database Query>Overlay do Idrisi, foi obtida a sobreposição da área de visibilidade entre torres, para avaliar o uso de

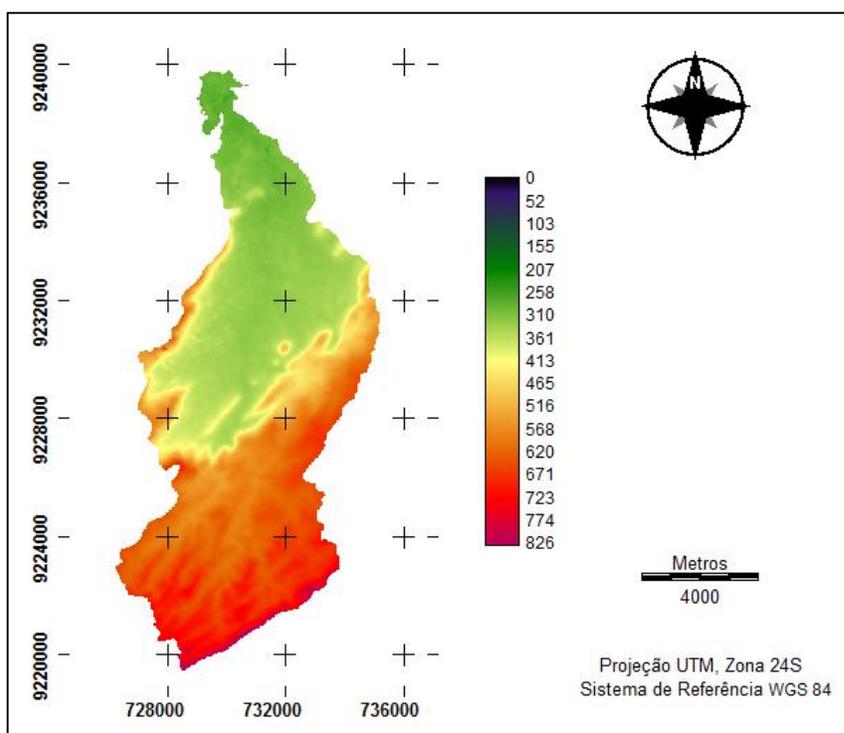
mais de uma torre na área de estudo, através da verificação do ganho em visibilidade proporcionado pelas combinações.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Modelo Digital do Terreno (MDT)

A Bacia do Rio do Saco apresenta ampla diferença hipsométrica, que varia de 253 a 826 metros de altitude, com uma parte plana na sua face Norte que se estende do açude de Santa Luzia até a parte central da Bacia, onde o terreno começa a se elevar de forma rápida atingindo o máximo de altitude no seu extremo sul na Serra do pinga (Figura 2).

Figura 2 – Modelo de elevação da microbacia hidrográfica do Rio do Saco



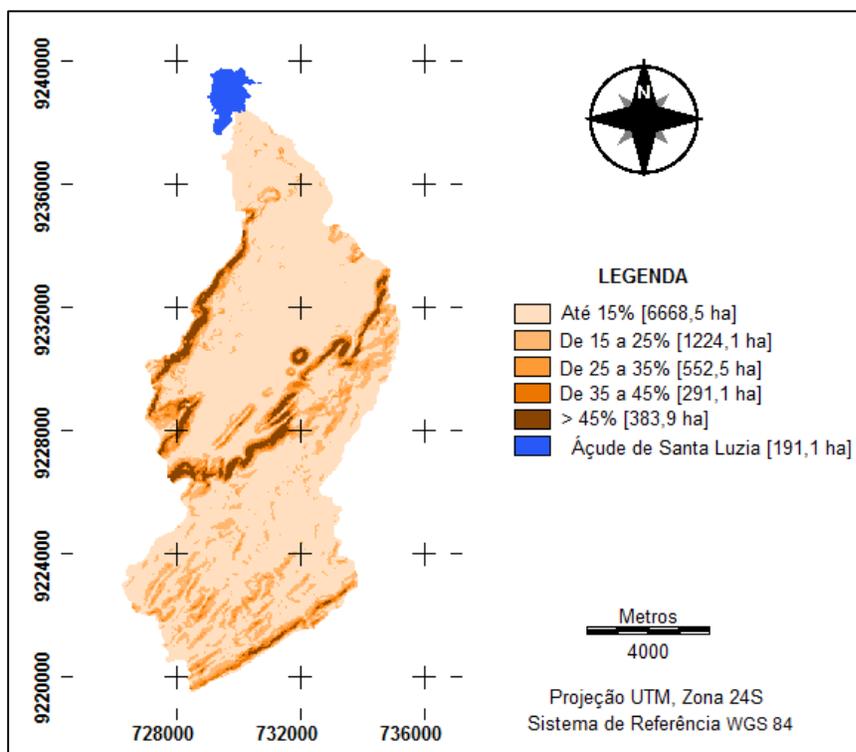
Fonte – (ASSIS, 2013)

4.2 Declividade

Em relação à área de influência da Bacia do Rio do Saco, a declividade até 15% foi a classe que apresentou maior área (6668,5 ha), sendo assim caracterizada como de baixo risco de incêndio segundo a declividade, já que nessas áreas o fogo apresenta baixa propagação de chamas devido ao relevo mais plano. Porém na

bacia também existe uma área significativa (383,9 ha) com declividade acima de 45% que por ter relevo ondulado é considerada como de risco extremo de incêndio (Figura 3).

Figura 3 – Mapa de declividade da microbacia hidrográfica do Rio do Saco

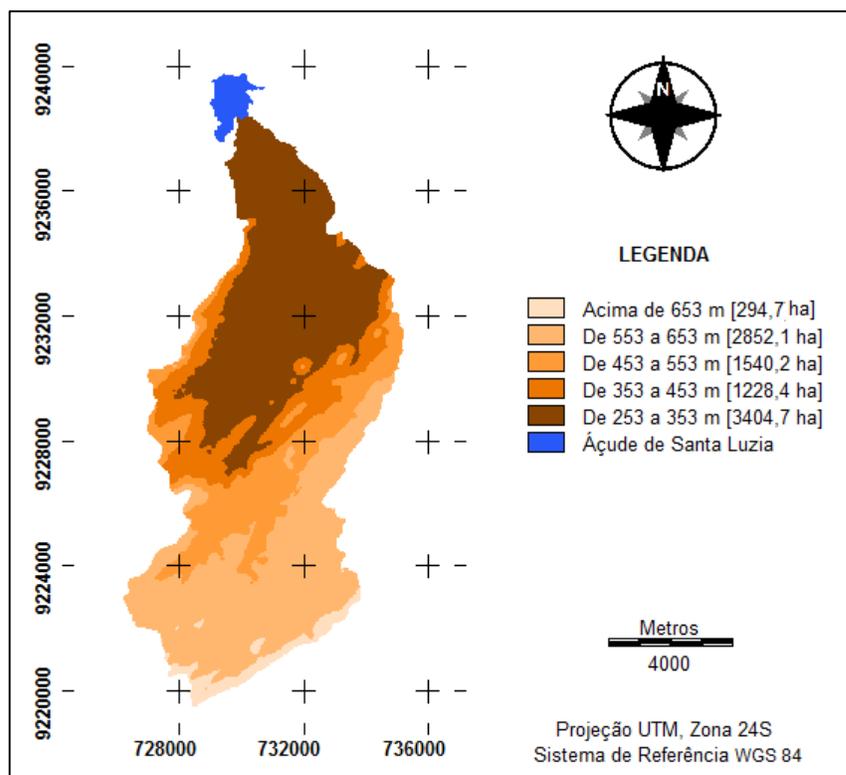


Fonte – (ASSIS, 2013)

4.3 Altimetria

A temperatura do ar é uma variável que está inversamente correlacionada com a altimetria. Locais de menor altitude apresentam os maiores riscos de incêndios, sendo que o fator responsável por essa variável é a pressão atmosférica. Por este critério, a área de estudo possui 3404,7 ha com risco extremo de incêndios, 1228,4 ha de risco muito alto e 1540,2 ha de risco alto (Figura 4).

Figura 4 – Mapa altimétrico da microbacia hidrográfica do Rio do Saco

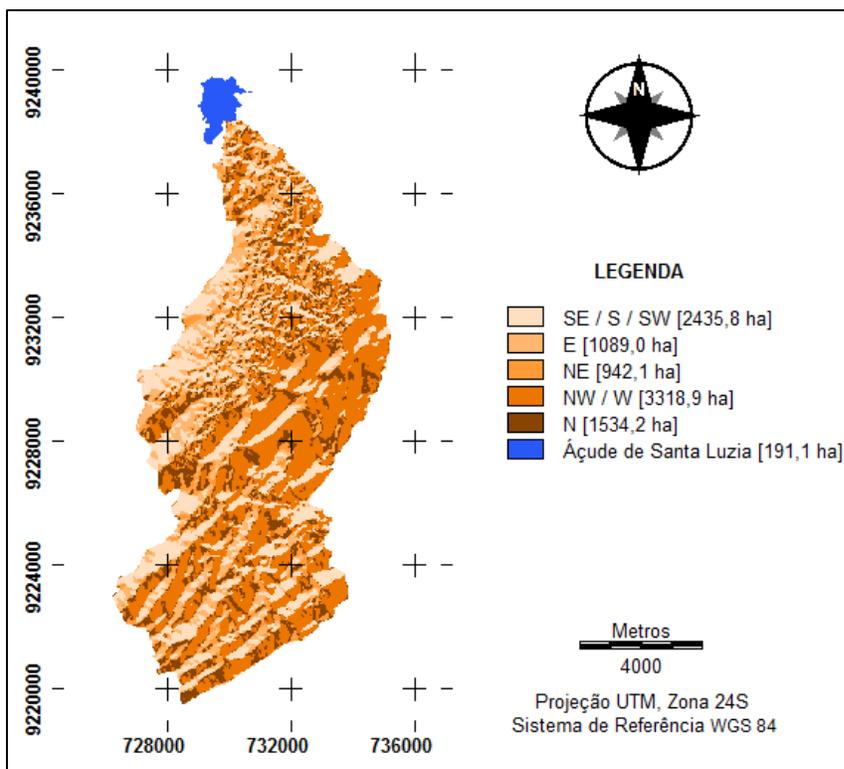


Fonte – (ASSIS, 2013)

4.4 Orientação das Encostas

Para o mapa de exposição foram determinadas 5 classes de risco, nas quais predominaram as áreas com exposição NW / W (3318,9 ha) e N (1534,2 ha), ou seja, áreas com maior susceptibilidade aos incêndios devido maior tempo de exposição à radiação solar, gerando aquecimento e risco de ignição (Figura 5).

Figura 5 – Mapa de orientação das encostas da microbacia hidrográfica do Rio do Saco

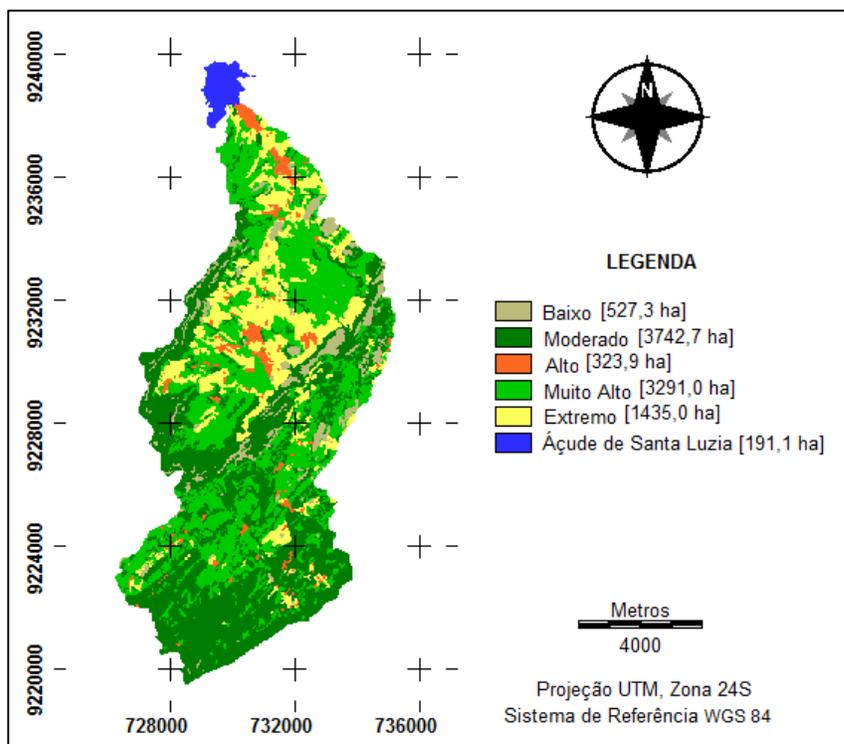


Fonte – (ASSIS, 2013)

4.5 Uso do solo e Cobertura Vegetal

Com a determinação do mapa de uso do solo e cobertura vegetal (Figura 6), observa-se que as áreas com baixo risco de ocorrências de incêndios florestais, apresentaram 527,3 ha da área total. Por sua vez as áreas com extremo, alto e moderado risco apresentaram os seguintes valores: 1435,0 ha, 3291,0 ha, 323,9 ha, respectivamente. Para os riscos de incêndios com coeficientes 4 e 5, referentes a caatinga arbustiva arbórea aberta e pastagem, respectivamente, tomam-se essas tipologias como fundamentais na propagação de incêndio, uma vez que tanto o pasto nativo quanto a vegetação aberta possuem elementos em sua composição que potencializam o risco de incêndios.

Figura 6 – Mapa de uso do solo e cobertura vegetal da microbacia hidrográfica do Rio do Saco



Fonte – (SILVA e ASSIS, 2013)

4.6 Temperatura e Precipitação

As temperaturas médias da área de estudo não apresentam uma grande amplitude térmica, observando que nos meses de maio a agosto é registrada a média mais baixa de 22,51 °C. Ressalta-se que as médias anuais estão abaixo daquelas registradas em outras regiões da depressão sertaneja, tendo em vista a inserção desta área em porções de relevo mais elevados.

Foi observado que o período de setembro a dezembro apresentou as maiores médias térmicas, sendo que a variação entre esses meses aponta dezembro como o mês que apresenta a maior média de temperatura.

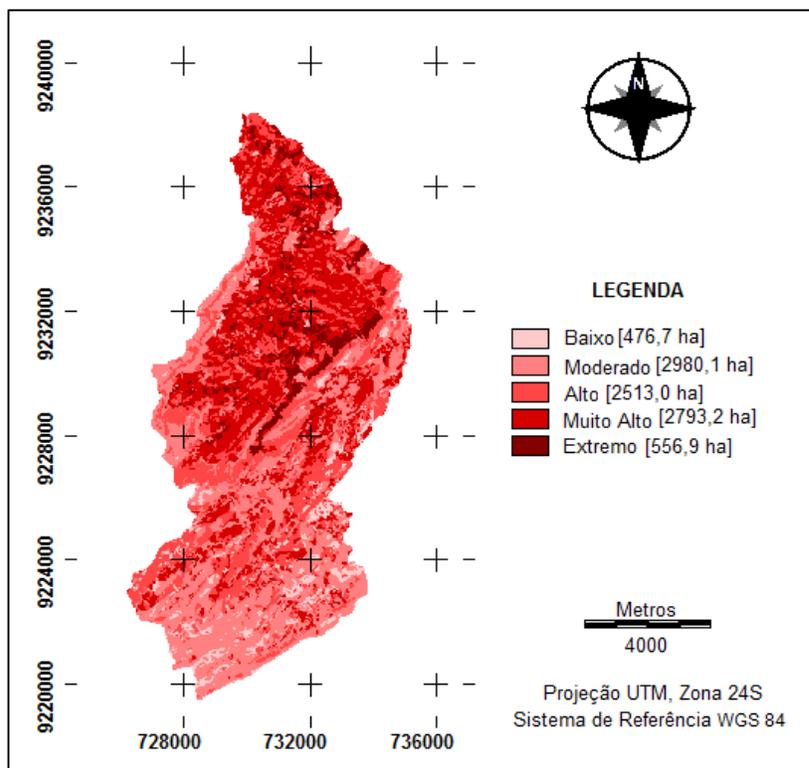
O período em que se verificou as maiores médias de precipitação corresponde à quadra chuvosa de janeiro a abril, sendo que os demais meses são verificados baixos índices de precipitação, correspondendo ao que se verifica em toda a região semiárida do Nordeste brasileiro.

Com relação ao período determinado para avaliação do risco de incêndios, em relação à precipitação, foi determinado o período de setembro a dezembro por proporcionar as médias mais baixas de precipitação (8,65 mm), tendo em vista que nesse período o material combustível está com baixa umidade, aumentando assim o risco potencial à ocorrências de incêndios. Como o mês de setembro apresentou menor média de precipitação, este foi escolhido para a determinação do mapa de risco de incêndio.

4.7 Mapa de Risco de Incêndios Florestais

A partir da ponderação dos pesos das variáveis envolvidas no risco de ocorrências de incêndios (declividade, altimetria, aspecto, uso do solo, temperatura e precipitação), foram obtidos valores de coeficiente que variaram de 175 a 405, sendo que, a partir da amplitude encontrada, procedeu-se a distribuição dos pesos em 5 classes e posterior espacialização do mapa de risco de incêndios (Figura 7).

Figura 7 – Mapa de risco de incêndios florestais na microbacia do Rio do Saco



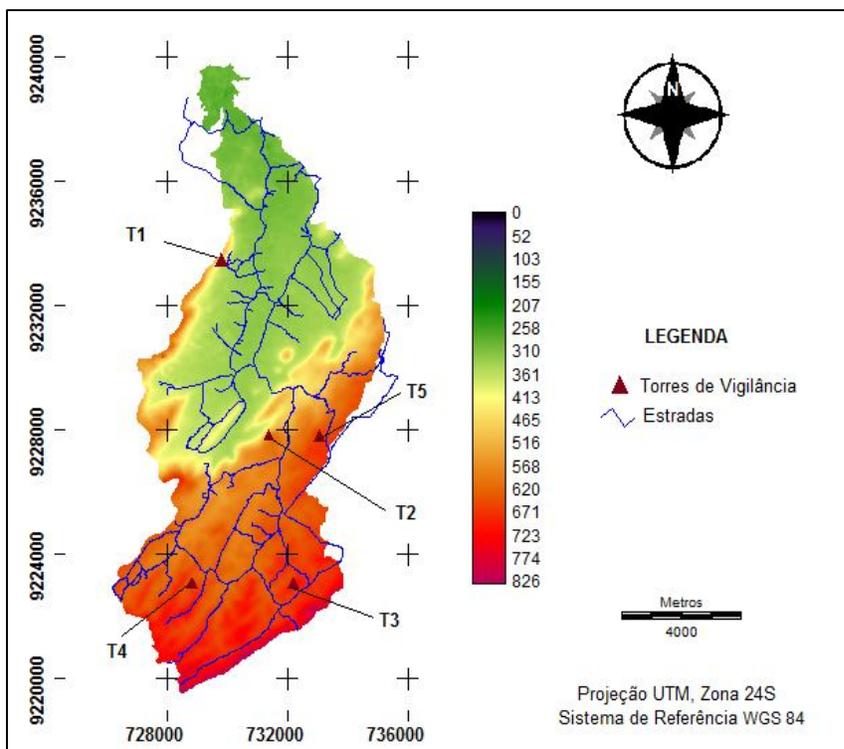
Fonte – (ASSIS, 2013)

Os dados mostram que as três classes de maior risco de ocorrência de incêndios (alta, muito alta e extremo risco), quando somadas suas áreas de abrangência totalizam 5863,1 ha (61,64 %), esses valores caracterizam um elevado potencial de risco de incêndio para a bacia hidrográfica. E desta forma, fica evidente, a necessidade de se ter uma atenção voltada a fiscalização, principalmente nessas áreas de maior potencialidade à ocorrência de incêndios florestais.

4.8 Localização Espacial das Torres de Vigilância contra Incêndios

Foram escolhidos cinco locais potenciais à instalação das torres, a partir da proximidade de estradas, das áreas com maior potencial de risco de incêndios florestais e que apresentassem cotas altimétricas que proporcionassem uma maior visualização de toda a área (Figura 8).

Figura 8 – Pontos selecionados para locação das torres de controle de incêndios florestais na microbacia do Rio do Saco



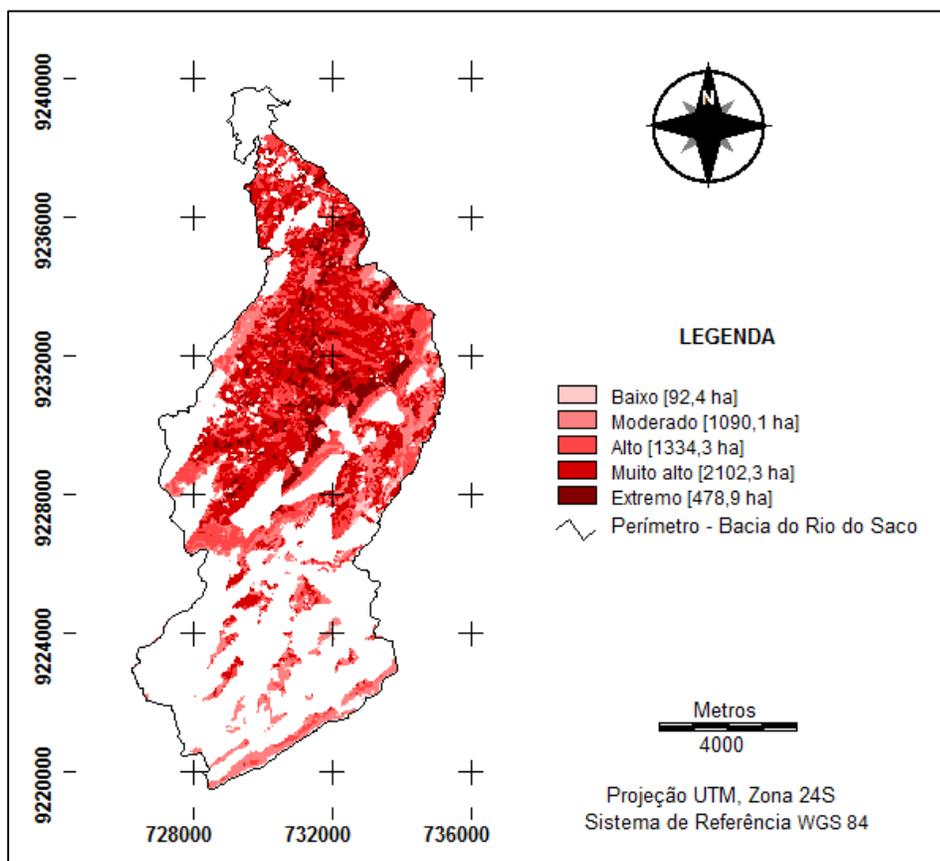
Fonte – (ASSIS, 2013)

Determinados os locais de instalação preliminar das torres, procedeu-se com a avaliação da visibilidade da área de estudo, levando em consideração a visibilidade individual de cada torre, assim como a combinação aos pares das mesmas.

Tratando-se das torres individualmente, a torre 2 (T2) proporcionou maior visibilidade da área total, correspondendo a 5405,4 ha (56,8 %), seguido da torre 1 (T1), com área de visibilidade de 5225,2 ha (54,9 %).

Porém quando analisadas as áreas de visibilidade das duas torres correspondente a cada risco, constatou-se que T1 proporciona, quando somadas as áreas de risco alto, muito alto e extremo, a visualização de 3915,6 ha (41,2 %) em relação a área total da bacia hidrográfica (Figura 9).

Figura 9 – Áreas de risco potencial de incêndios visualizada com a implantação pela torre 1 (T1)



Fonte – (ASSIS, 2013)

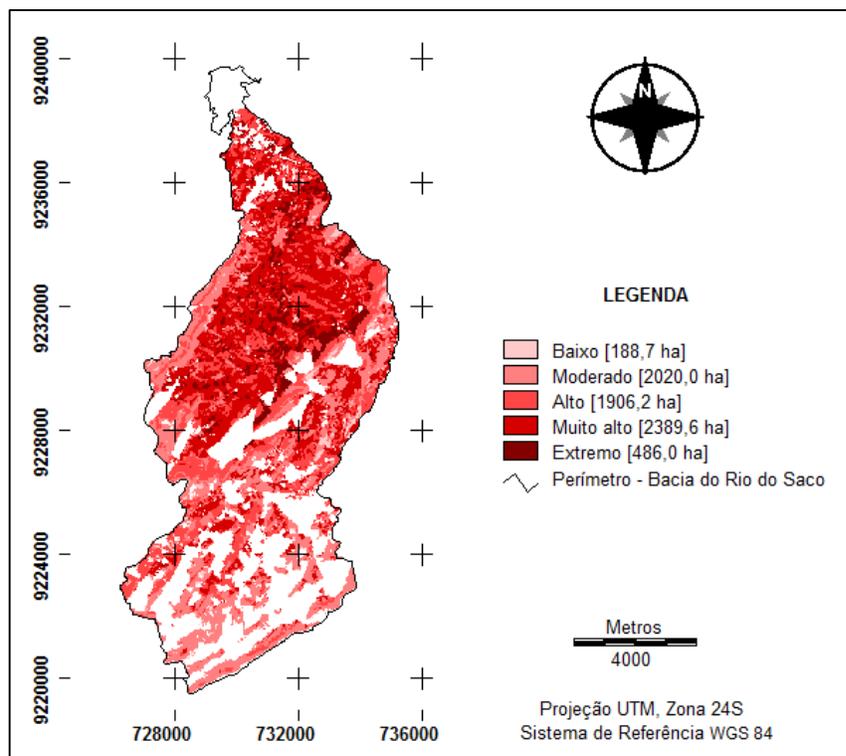
Enquanto que a torre 2 (T2) é possível visualizar 3538,4 ha (37,2 %), isto indica que para a instalação de uma única torre de vigilância contra incêndios na área de estudo, T2 apresentou maior visibilidade em relação a área total, enquanto que T1 proporcionou maior área visível de susceptibilidade à ocorrência de incêndios.

Assim, visto que a visibilidade de área total de cada uma das duas torres (T1 e T2) é muito próxima uma da outra e que se pretendeu atender à locação das torres em pontos que possibilitasse maior visualização das áreas com risco de incêndios mais elevados, a melhor escolha para a área de estudo é a torre 1 (T1). Esta, por sua vez, não atendeu a percentagem de área visível proposta por Soares (1985) que é de 70 a 80 %, mas torna-se possível a implantação somente da T1 considerando que as demais áreas podem ser patrulhadas de outras formas (veículos motorizados, animais de montaria e/ou a pé).

Testando a combinação de implantação de duas torres, foi constatado que a maior área de visibilidade alcançada se deu entre as torres 1 (já indicada individualmente para instalação) e a torre 5 (T1 e T5) com visibilidade de 7123,4 ha (74,9 %), seguida da combinação entre as torres 1 e 2 (T1 e T2) com área de visibilidade de 7025,5 ha (73,9 %), quando somadas às áreas de risco alto, muito alto e extremo, em relação à área da bacia hidrográfica. Isso indica ganho de 1 % de área visível de T1/T5 quando comparada a T1/T2.

Com relação a visibilidade das áreas de alto a extremo risco, praticamente não houve diferença de área de visualização entre as duas combinações de torres (T1/T5 e T1/T2), com 4781,8 ha (50,3 %) e 4799,1 ha (50,5 %), respectivamente, sendo apenas um incremento de 0,2 % em visibilidade de T1/T2 quando comparada a T1/T5. Então a melhor combinação, neste caso, visto que a área de risco visualizada por cada combinação variou pouco (0,2%) em relação a área de visibilidade total (1%), determinou-se como melhor escolha as torres 1 e 5 (T1 e T5) (Figura 10).

Figura 10 – Áreas de risco potencial de incêndios visualizada com a implantação das torres T1/T5



Fonte – (ASSIS, 2013)

Desta forma, a instalação de uma segunda torre, neste caso (T5) combinada com a torre já escolhida (T1), proporcionaria um ganho de 20 % na visibilidade total da área de estudo, o que é justificável caso a área adicional apresente interesses de maior importância ecológica, econômica e/ou social.

5 CONCLUSÕES

A partir da metodologia proposta, obteve-se êxito na determinação dos locais ideais para instalação de torres de vigilância contra incêndios florestais, sendo indicado a instalação da torre 1 (T1 – visibilidade de 54,9 %) devido a sua maior percentagem de visibilidade de áreas com maior risco de incêndios, e adotando para as demais áreas, patrulhamento motorizado, montaria ou a pé.

No caso de se usar duas torres, a melhor combinação foi entre as torres 1 e 5 (T1 e T5 – visibilidade de 74,9 %) , em que o acréscimo da torre 5 (T5) proporcionou um ganho de 20% de área total.

A metodologia empregada no presente estudo atendeu satisfatoriamente aos objetivos propostos, permitindo a indicação dos procedimentos metodológicos adotados em outras áreas da região semiárida do Nordeste brasileiro, cujas características fisiográficas se assemelham a da área avaliada nessa pesquisa.

A utilização do SIG mostrou-se satisfatória, conferindo rapidez e precisão a todos os procedimentos requeridos no trabalho, o que mostra a importância do uso de geotecnologias na análise, planejamento e tomada de decisões em questões ambientais.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. Roraima: os paradoxos de um grande incêndio ao fim do milênio. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 12, n. 33, p.227-231, 1998.

ALVES, T. L. B.; ARAÚJO, A. R.; ALVES, A. N.; FERREIRA, A. C.; NÓBREGA, J. E. da. Diagnóstico Ambiental da Microbacia Hidrográfica do Rio do Saco, Santa Luzia – PB. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 2, p. 396-412, 2011.

ASSIS, F. R. V. de. **Uso de geotecnologias na locação espacial de torres para detecção de incêndios florestais**. 2013. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos – PB, 2013.

BATISTA, A. C. Mapas de risco: uma alternativa para o planejamento de controle de incêndios florestais. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 30, n. 1/2, p.45-54, 2000.

BRASIL. **Decreto nº 2.661, de 8 de julho de 1998**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d2661.htm>. Acesso em: 11 Jan. 2013.

CODEVASF; PIAUÍ (Estado). **Apostila do curso técnicas de prevenção e combate à incêndios florestais**. Curitiba, 44p., 2010. Disponível em: <www.codevasf.gov.br>. Acesso em: 12 dez. 2012.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: Diagnóstico do município de Santa Luzia, estado da Paraíba**. Organizadores: MASCARENHAS, J. de C.; BELTRÃO, B. A.; SOUZA JUNIOR, L. C. de; MORAIS, F. de; MENDES, V. A. e MIRANDA, J. L. F. de. Recife: CPRM/PRODEEM, 10 p., 2005.

DCA/UFCG. Departamento de Ciências Atmosféricas/UFCG. Disponível em: <www.dca.ufcg.edu.br/clima>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2013.

EASTMAN, J. R. **Idrisi 15: The Andes Edition**. Worcester, MA: Clark University, 2006.

FERRAZ, S. F. B.; VETTORAZZI, C. A. Mapeamento de risco de incêndios florestais por meio de sistema de informações geográficas (SIG). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 53, p. 39-48, 1998.

MEDEIROS, M. B.; FIEDLER, N. C. Incêndios florestais no parque nacional da serra da canastra: desafios para a conservação da biodiversidade. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p.157-168, 2003.

MMA; IBAMA; PREVFOGO. **Relatório de Combate a Incêndios 2010**. Brasília, 2010, 61p. Disponível em: <www.ibama.gov.br/phocadownload/category/44-p?download>. Acesso em: 12 Jan. 2013.

NEUMANN, M. L. **Aspectos técnicos e econômicos da proteção contra**

incêndios florestais em povoadamentos de *Pinus spp.* 1996. 82 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1996.

NOGUEIRA, G. S.; RIBEIRO, G. A.; RIBEIRO, C. A. A. S.; SILVA, E. P. Escolha de locais para instalação de torres de detecção de incêndio com auxílio do SIG. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v. 26, n. 03, p.363-369, 2002.

OLIVEIRA, D. S. **Zoneamento de risco de incêndios em povoadamentos florestais no norte de Santa Catarina.** 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

PRUDENTE, T. D. **Geotecnologias aplicadas ao mapeamento de risco de incêndio florestal no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros e área de entorno.** 114 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.

RIBEIRO, T. O. **Quantificação do material combustível superficial em unidade de conservação no semiárido da Paraíba.** 2010. 35 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Campina Grande, Patos - PB, 2010.

SANTOS, A. M. S. **Diagnóstico do uso do fogo em propriedades rurais nos limítrofes do município de Patos - PB.** 2010. 55 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Campina Grande, Patos - PB, 2010.

SANTOS, J. F. **Estatísticas de incêndios florestais em áreas protegidas no período de 1998 a 2002.** 2004. 76 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

SANTOS, J. F.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Perfil dos incêndios florestais no Brasil em áreas protegidas no período de 1998 a 2002. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 1, p.93-100, 2006.

SILVA, J. E. R. da; ASSIS, F. R. V. de. **Mapa de uso do solo e cobertura vegetal da microbacia hidrográfica do Rio do Saco.** Santa Luzia (PB), 2013. Escala 1:4000.

SILVA, R. G. **Manual de prevenção e combate aos incêndios florestais.** Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1998, 80 p.

SOARES, R.V.; BATISTA, A.C. **Meteorologia e Climatologia Florestal.** Curitiba: Editor, 2004. 195 p.

SOARES, R. V. **Incêndios florestais – controle e uso do fogo.** Curitiba: Fundação de Pesquisa florestal do Paraná, 1985. 213 p.

SOARES, R. V. Novas tendências no controle de incêndios florestais. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 30, n. 1/2, p.11-21, 2000.

VENTURI, N. L. **Determinação de locais ótimos para implantação de torres de vigilância a incêndios florestais por meio de sistema de informações geográficas.** 2006. 107 f. Dissertação (Mestre em Ciências Geodésicas) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

VEIGA, T. C.; SILVA, J. X. da. **Geoprocessamento Aplicado à Identificação de Áreas Potenciais para Atividades Turísticas: O Caso do Município de Macaé (RJ).** In: ZAIDAN, R. T.; XAVIER DA SILVA, J. Geoprocessamento e análise ambiental: aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 179-215. (2004).