

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS BOMBEIRO MILITAR

**GABRIEL DE OLIVEIRA PACHECO
WILLIAN RONALD SOUSA SILVA**

**PROPOSTA DE DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA MATEMÁTICA
PARA CORRELAÇÃO DE INCÊNDIO COM DADOS ATMOSFÉRICOS**

São Luís
2018

**GABRIEL DE OLIVEIRA PACHECO
WILLIAN RONALD SOUSA SILVA**

**PROPOSTA DE DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA MATEMÁTICA
PARA CORRELAÇÃO DE INCÊNDIO COM DADOS ATMOSFÉRICOS**

Monografia apresentada junto ao curso de Formação de Oficiais da Universidade Estadual do Maranhão, para obtenção de título de Bacharel em Segurança Pública e do Trabalho, pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Centro de Ciências Tecnológicas (CCT), Campus Paulo VI.

Orientador: Prof. Dr.^o Mauro Sérgio S. Pinto
Co-Orientador: Maj.QOCBM Djaneide Vieira da Luz Reis

São Luís
2018

Pacheco, Gabriel de Oliveira.

Proposta de desenvolvimento de uma ferramenta matemática para correlação de incêndio com dados atmosféricos / Gabriel de Oliveira Pacheco, Willian Ronald Sousa Silva. – São Luís, 2018.

61 f.

Monografia (Graduação) – Curso de Formação de Oficiais BM-MA, Universidade Estadual do Maranhão, 2018.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Sérgio Silva Pinto.

1. Correlação linear. 2. Variáveis climáticas. 3. Incêndio em terreno baldio. I. Silva, Willian Ronald Sousa. II. Título.

CDU 614.84:51

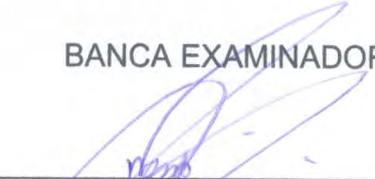
**GABRIEL DE OLIVEIRA PACHECO
WILLIAM RONALD SOUSA SILVA**

**PROPOSTA DE DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA MATEMÁTICA
PARA CORRELAÇÃO DE INCÊNDIO COM DADOS ATMOSFÉRICOS**

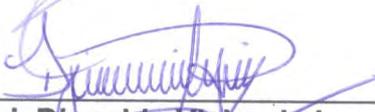
Monografia apresentada junto ao curso de Formação de Oficiais da Universidade Estadual do Maranhão, para obtenção de título de Bacharel em Segurança Pública e do Trabalho, pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Centro de Ciências Tecnológicas (CCT), Campus Paulo VI.

Aprovado em: 18/06/2018

BANCA EXAMINADORA



Professor Dr.º Mauro Sérgio Silva Pinto (Orientador)
Universidade Estadual do Maranhão



Maj. Djaneide Vieira da Luz dos Reis
Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão



Prof. Me. Michael Jorge Oliveira Berredo
Universidade Estadual do Maranhão

A minha família, familiares e amigos. A minha avó pelo apoio e confiança. Aos meus pais e irmãos, esposa e filha pelo estímulo, confiança e apoio em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Eu, Gabriel de Oliveira Pacheco agradeço em primeiro lugar a Deus, por até aqui ter me ajudado, por ser meu Senhor e criador e por ter me proporcionado tudo que conquistei na vida aqui na terra.

A minha mãe por sempre cuidar da minha pessoa desde os meus primeiros dias de vida, sempre ao meu lado e contribuindo para meu sucesso, guiando todos os meus passos, e por sempre estar torcendo para que eu seja vitorioso. Ao meu pai, o qual, mesmo distante, tem a minha imagem guardada em seu pensamento.

Aos meus tios Jhones Batista de Oliveira e Eduardo Batista de Oliveira, por serem um espelho e inspiração, exemplos de militares dignos e honrados, e por terem me ajudado dando apoio moral, intelectual e também treinamento físico.

A minha namorada, Sara Raquel Correia Moreira, por ser minha companheira e me ajudar em todos os momentos, e por estar ombreada comigo e ao meu lado aconteça o que acontecer, e por se colocar em meu lugar, tomando as minhas dores e lutando junto comigo.

Eu, Willian Ronald Sousa Silva, agradeço a minha família, em particular a senhora Celena Raimunda Sousa, minha avó querida que confia no meu potencial e me deu apoio moral e financeiro desde o dia em que decidi sair da cidade de Pindaré-Mirim.

A meus pais e irmãos que direta e indiretamente me estimularam nos estudos e me deram apoio em todos os aspectos.

A minha esposa Geisiane de Moraes Costa que me acompanha a mais de 14 anos e me ajuda a lutar por uma vida melhor.

A minha filha Ingrid Ludmilla Moraes Sousa que é minha “fonte energética” que me dá força pra vencer e lutar. Fonte de inspiração pra continuar aprendendo.

Ao meu orientador o professor PhD. Mauro Sérgio Pinto Silva que contribuiu diretamente na elaboração deste trabalho.

A todos os meus professores da UEMA que me ajudaram a ampliar meus conhecimentos e a todos os meus professores que contribuíram na minha caminhada incluindo aqueles da educação infantil.

A todos os meus amigos da cidade de Pindaré-Mirim e de São Luís que me apoiaram e estimularam a buscar novas conquistas, em particular ao professor Dr. Deuzimar Santos, professor Raimundo Wellingson Moraes, professor Mestre José Francisco de Sousa Feitosa, professor de história Rafael Cutrim, professor bacharel e licenciado em Geografia Aurélio Peterson, bacharel em direito e policial militar Jailson Sodré, policial militar Flavio Dean, policial militar Marcos e sua esposa Alessandra Regina, Hilzer Belmiro Souto de Albuquerque (foi uma mãe para a minha pessoa), Martinho de Albuquerque Cabral, Marcio Albuquerque Cabral, Martinho Junior de Albuquerque Cabral, Holflen Belmiro, família Albuquerque, que me acolheu como ente e me ajudou muito em todos os aspectos.

A todos os meus amigos e instrutores do Curso de Formação de Oficiais Bombeiro Militar da academia de Bombeiros Militar “Josué Montello”.

Aos meus amigos de samba em ordem alfabética: Adem Silva (dedé), Alix Hildo (papada), Fábio Roberto (Bruto), Joedson Martins (jojoba), Leonardo Matos (leléo), Luís Francisco (mause) e Wendel Campos (del do cavaco) por me proporcionarem alegria nos momentos de lazer.

Pensar em desistir? Nunca! É melhor fracassar tentando, pois aqueles que fracassam e não desistem, um dia serão vitoriosos. Já os desistentes, serão denominados covardes e jamais regozijarão a glória.

(W.R.S.S)

RESUMO

Essa atividade intelectual teve como objetivo analisar, identificar, verificar e propor uma ferramenta matemática para correlação de incêndio com dados atmosféricos para o Corpo de Bombeiros Militar do Maranhão. Em função de suas atribuições se faz necessário que se conheça os principais fatores, como as variáveis climáticas, que contribuem para os incêndios em terrenos baldios (ITB) na cidade de São Luís do Estado do Maranhão. Essa investigação foi realizada através de dados de incêndios do Centro Integrado de Operações de Segurança (CIOPS) no período de 2016 e 2017 bem como os dados atmosféricos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Levando em conta a importância do que é prevenção, esse trabalho pretende contribuir para melhor análise das condições de segurança e traçar estratégias para mitigação desse tipo de ocorrência.

Palavras-chave: Correlação. Incêndio em terreno baldio. Variáveis climáticas.

ABSTRACT

This intellectual activity had the objective of analyzing, identifying, verifying and proposing a mathematical tool for the correlation of fire with atmospheric data for the Maranhão Fire Brigade. Due to its attributions, it is necessary to know the main factors, such as the climatic variables, that contribute to fires in uncultivated lands (ITB) in the city of São Luís, in the State of Maranhão. This research was carried out using fire data from the Integrated Center for Safety Operations (CIOPS) in the period of 2016 and 2017 as well as the atmospheric data of the National Institute for Space Research (INPE). Taking into account the importance of what is prevention, this work intends to contribute to a better analysis of the safety conditions and to outline strategies to mitigate this type of occurrence.

Keywords: Correlation. Fire in wasteland. Climatic variables.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Focos de Incêndio em São Luís.....	17
Figura 2 - Incêndio se propaga para residência na cidade de Caxias.....	20
Figura 3 - Gran Circo Norte-Americano.....	22
Figura 4 - Edifício Andraus	23
Figura 5 - Incêndio na boate Kiss.....	24
Figura 6 - Representação dos terrenos baldios.....	26
Figura 7 - Exemplos de Termômetros	29
Figura 8 - Barômetro de Torricelli.....	30
Figura 9 - Triângulo do fogo	34
Figura 10 - Tetraedro do fogo.....	34
Figura 11 - Tipos de Correlação.....	40
Figura 12 - Representação do modelo estatístico de uma regressão linear simples	42
Figura 13 - Ilustração da relação entre a Pressão em 2016 com os dados de incêndio do CIOPS.....	44
Figura 14 - Relação entre a temperatura no ano de 2016 e o número de incêndios em terrenos baldios com os dados do CIOPS.....	45
Figura 15 - Gráfico da relação entre a umidade e o número de incêndios em terrenos baldios.....	46
Figura 16 - Apresentação da correlação das chuvas com o número de incêndios em terrenos baldios.....	47

LISTA DE SIGLAS

CBMDF – Corpo de Bombeiro Militar do Distrito Federal

CIOPS – Centro Integrado de Operações de Segurança

EPI – Equipamento de Proteção Individual

IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

ITB – Incêndio em Terreno Baldio

O₂ – Oxigênio

PREV FOGO – Centro Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais

SEA – Secretaria de Estado do Ambiente do Rio de Janeiro

SI – Sistema Internacional de Unidades

UEMA – Universidade Estadual do Maranhão

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Justificativa.....	16
2	OBJETIVOS	18
2.1	Objetivo Geral.....	18
2.2	Objetivos Específicos	18
3	CONCEITOS FUNDAMENTAIS	19
3.1	Incêndios Florestais.....	19
3.2	Os Incêndios.....	21
3.2.1	Incêndio no Brasil.....	22
3.2.2	Incêndios em Terrenos Baldios	24
4	AS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS E A INFLUÊNCIA DO CLIMA	28
4.1	Temperatura.....	28
4.2	Pressão Atmosférica.....	29
4.2.1	Umidade.....	31
4.2.2	Índice Pluviométrico	32
4.2.3	A Influência do Clima no Incêndio	33
5	METODOLOGIA	38
5.1	Correlação Matemática Linear	39
6	ANÁLISES DA CORRELAÇÃO DOS DADOS ATMOSFÉRICOS COM OS DADOS DO CIOPS	43
6.1	Análises de Dados	43
6.2	Análise dos dados de incêndios urbanos do CIOPS com a Pressão	43
6.2.1	Análise dos Dados de incêndios urbanos do CIOPS com a Temperatura	44
6.2.2	Análise dos Dados de incêndios urbanos do CIOPS com a Umidade	45
6.2.3	Análise dos Dados de incêndios urbanos do CIOPS com o índice Pluviométrico.....	46

7	CONCLUSÃO	48
	REFERÊNCIAS.....	49
	ANEXO A – RELATÓRIO QUANTITATIVO DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS FLORESTAIS ATENDIDAS PELO CBMMA.....	53
	APÊNDICE A – RELAÇÃO DO CIOPS COM ÍNDICE DE TEMPERATURA....	58
	APÊNDICE B – RELAÇÃO DO CIOPS COM ÍNDICE PRESSÃO.....	59
	APÊNDICE C – RELAÇÃO DO CIOPS COM ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO.....	60
	APÊNDICE D – RELAÇÃO DO CIOPS COM ÍNDICE UMIDADE.....	61

1 INTRODUÇÃO

O fogo é o elemento que contribui significativamente para a vida humana, desde sua descoberta até o seu domínio. Seu manejo trouxe conforto, segurança, praticidade entre outras. Ele foi usado para espantar animais, como fonte de calor, iluminação do ambiente durante a noite, preparação dos alimentos, confecção de armas até a industrialização de equipamentos modernos. Outrora ele foge do controle e surge o que se entende por incêndio. Podendo provocar a devastação e/ou a destruição da fauna e da flora gerando enormes consequências, danos e prejuízos.

Os incêndios podem ocorrer de forma natural e também pela ação do homem. Sendo esta última a prática mais comum, como queima do lixo, descarte de ponta de cigarro, efeito lupa (que ocorre quando a luz atravessa uma garrafa ou caco de vidro que foi abandonado por alguém.), queima da vegetação para uso da agricultura, vandalismo entre outras.

Não raro, torna-se conhecido, por meio dos veículos de comunicação que o hábito da queima da vegetação para utilização de terrenos pode fugir ao controle produzindo o incêndio, que dependendo da vegetação pode se manifestar de três formas: incêndio de superfícies, incêndios de copa e incêndios subterrâneos.

Os resultados dessa ação geram consequências como impacto ambiental, problemas sociais, socioculturais e de saúde, devido a ação do calor e inalação da fumaça entre outros fatores. A raiz do problema pode ser facilmente encontrada utilizando-se de medidas preventivas. Para isso, se faz necessário conhecer alguns dos fatores, como a pressão atmosférica, precipitação, temperatura, evaporação, insolação e verificar se eles influenciam direta ou indiretamente na produção da origem desses focos que ocorrem descontroladamente em todo o estado. Uma vez que seja possível entender e se comprovar a relação entre os incêndios e as variáveis meteorológicas, será possível prever a possibilidade para que em determinado período do ano e até mesmo o dia e o horário propício para o surgimento de tais ocorrências. Isso facilitará nas medidas a serem tomadas, tanto na prevenção como ao combate propriamente dito.

O Estado do Maranhão apresenta um grande número de ocorrências de incêndios em terrenos baldios na capital e nos interiores, que além de produzir danos à sociedade e ao meio ambiente, gera prejuízo ao Estado e aos municípios.

Assim, o foco deste trabalho é compreender a influência das variáveis meteorológicas nos incêndios, ou seja, as relações entre as principais variáveis climáticas e a frequência de ocorrências de incêndios nos terrenos baldios urbanos da cidade de São Luís. Entretanto, existem algumas problemáticas que dificultam tais ações, como por exemplo, as ocorrências em terrenos baldios da capital são registradas como simplesmente fogo no mato ou na vegetação, ou seja, não se tem relevância para um problema sério que ocorre diante dos olhos da sociedade e parece ser ignorado até mesmo a nível acadêmico que ao se retratar sobre esse tipo de incêndio, as referências são feitas apenas para incêndio do tipo florestal que embora não se assemelha em termos de proporção e intensidade, existe similaridade na sua origem e nos possíveis danos que podem ser provocados por esse tipo de incêndio. Neste trabalho o tema incêndio florestal será abordado para que se possa entender a maneira pela qual o fogo se comporta e para servir como base para o entendimento dos incêndios em terrenos baldios. A questão principal, obviamente, não está diretamente relacionada em conhecer esse tipo de incêndio, mas em ver que existe semelhança na sua origem, em seu potencial de destruição, os danos provocados, os efeitos ao longo prazo. É preciso ressaltar que, a quantidade de material que relata os incêndios florestais é abundante e mesmo não evidenciando exatamente o que se pretende nesse trabalho esse tipo de incêndio mostra de maneira clara e igualmente alguns fatos muito preocupantes como a ação do fogo e o efeito da fumaça, danos e prejuízos.

1.1 Justificativa

O Maranhão corresponde ao estado do Nordeste cujo número de queimadas é o que possui maior frequência. Sendo no Cerrado a região com maior índice de destruição. No ano de 2007, especificamente no mês de agosto, foram apontados 1.078 focos de incêndio em todo o estado, a frequência de ocorrência foi quintuplicada em relação ao ano de 2006. Já em setembro de 2007 os satélites registraram com exatidão 1.563 focos. Os incêndios além de aumentar o perigo nas estradas durante a noite produzem uma enorme quantidade de partículas poluentes que se tornam um risco a saúde das pessoas, contribui para o efeito estufa, aquecimento global, destroem plantações dos agricultores, reservas legais, lavouras de soja e assustam animais silvestres assim como compromete o sistema de fornecimento de energia para mais de um milhão de pessoas na capital do estado (ANDRADE, SILVA, *et al.*, 2009 apud INEPE/CPTEC, 2007).

As queimadas podem ser resultado tanto de causas antrópicas como de processos naturais (ANDERSON *et al.*, 2005) e causam a liberação de gases de efeito estufa (colaborando com as alterações climáticas), aerossóis e partículas finas que são extremamente perigosas para a saúde humana, já que, quando inaladas, podem atingir partes profundas nos pulmões, causando irritação na garganta, pulmões e olhos (SMITH *et al.*, 2014). O uso do fogo também é prejudicial à terra, pois provoca a desertificação em ambientes mais sensíveis, diminuindo a biodiversidade e alterando o ciclo hidrológico (JUNIOR, FREIRE, *et al.*, 2016 apud GIGANTE *et al.*, 2007, p.357).

Dessa forma, a percepção de que a sociedade de um modo geral ainda usa o fogo para as mais variadas formas de tarefa doméstica como a queima do lixo, por exemplo, que pode ser feito no terreno baldio que fica mais próximo de sua casa. No caso dos agricultores serve para preparação do solo já que é uma ferramenta de baixo custo e de fácil manejo. Assim substituir esse tipo de ferramenta é algo que deve ser modificado o quanto antes a fim de se preservar a cobertura do solo, e evitar os problemas de saúde principalmente nas vias respiratórias devido à inalação de agentes poluentes oriundos da fumaça. Mostra-se no mínimo inoportuno promover tal mudança já que a queima é algo culturalmente praticado em todo o estado. Esse mecanismo trivial e arcaico que normalmente é utilizado durante o período de estação de estiagem, inibe a produtividade do solo, destrói a cobertura natural da vegetação rasteira, liberam agentes nocivos a saúde das pessoas, gera

efeito psicológico, desconforto, insegurança, pânico. Ceifa, portanto, as mais variadas formas de biodiversidade. (JUNIOR, FREIRE, *et al.*, 2016).

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) registrou cerca de mais de vinte mil focos de incêndio em todo o estado, o que em média corresponde a 25 ocorrências diárias só na capital. Especificamente foram registrados 20.733 focos entre o mês de janeiro ao dia 8 do dezembro no ano de 2016, sendo que 545 focos foram registrados pelos satélites só nos primeiros dias do mês natalino. Já em dezembro de 2015 se registrou 3.706 focos se tornando o período mais crítico dos últimos 19 anos. Na Figura 1, pode-se perceber um foco de incêndio. (G1.MA, 2016).

Só na região Metropolitana de São Luís, a média é de 25 ocorrências de queimadas por dia, segundo o corpo de bombeiros. Mas não é só a ação humana direta que provoca esses altos índices. Objetos deixados em terrenos com mata seca se tornam um verdadeiro perigo. Na última quarta-feira um incêndio, de grandes proporções, foi registrado em um terreno que fica no bairro do São Francisco. Os horários de maior incidência são das 10h da manhã às 4h da tarde. Diante das condições naturais, o comportamento das pessoas pode ajudar a diminuir esses números (G1.MA, 2016, p.1).

Figura 1 - Focos de Incêndio em São Luís



Fonte: (G1.MA, 2016)

A principal contribuição desta pesquisa é sem dúvida a redução do tempo de atendimento a ITB, o conhecimento da relação que existe entre as ocorrências de ITB's e as principais variáveis climáticas, como: a pressão, umidade, temperatura e precipitação são de fundamental importância para sua redução. Claro que já existe alguma indicação de que durante os períodos mais secos, os ITB's ocorrem com mais frequência, mas não há registros que tal relação possa ter sido estudada com mais precisão e detalhes, utilizando-se de um rigor matemático que possa dar lastro a possível à pesquisa.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Neste trabalho pretende-se conhecer as relações matemáticas correlacionais que existem entre a frequência dos incêndios em terrenos baldios e as variáveis climáticas principais, tais como umidade, temperatura, pressão e índice pluviométrico na região da grande cidade de São Luís do Maranhão ao longo de um ano e com isso descobrir dentre as variáveis citadas aquelas que potencialmente mais influência no número de incêndios em terrenos baldios (ITB's).

2.2 Objetivos Específicos

A eficiência de um profissional bombeiro militar no âmbito de suas atribuições e a eficácia das técnicas de combate a incêndio e dos aparatos tecnológicos por ele utilizados trará como consequência um atendimento de qualidade e satisfação de um público exigente que é a sociedade. Diante do que foi exposto, pretende-se:

- a) Conceituar Incêndio em Terrenos Baldios (ITB)
- b) Apresentar gráficos de relação entre as variáveis climáticas e os dados de incêndios.
- c) Verificar a existência de causa e efeito entre as variáveis climáticas e os incêndios em terrenos baldios;
- d) Estabelecer a correlação entre variáveis climáticas e a frequência com que os incêndios ocorrem;
- e) Verificar a variável climática que mais influência na ocorrência de incêndios em terrenos baldios.

3 CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Este trabalho foi realizado considerando-se uma vasta pesquisa bibliográfica sobre o que se tem de mais avançado em conhecimento sobre o tema em questão deste trabalho. Apesar disso, não foram encontradas correlações diretas entre os trabalhos pesquisados e o trabalho aqui proposto. Isto abre um nicho novo de pesquisa sobre o referido tema.

3.1 Incêndios Florestais

O incêndio florestal corresponde ao fogo cuja propagação ocorre naturalmente sob influência de fatores como clima, as reentrâncias das superfícies e vegetação, que não pode se confundir com as queimadas, nas quais o fogo é utilizado de forma controlada para o uso agrícola (RODRIGUES, 2008 apud DIAS, 2007).

Como bem nos assegura Silva, R. (1998), pode se dizer que são inumeros os fatores externos que influenciam no efeito do fogo. Neste contexto, fica claro que não será possível de prever com precisão o que intercorrerá após começar o incêndio. O mais preocupante, contudo, é constatar que esse fenomeno da queima dos materiais combustíveis florestais pode desencadear uma serie de problemas ambientais e sociais devido aos fatores climáticos e das particularidades topograficas do local bem como velocidade do vento, ação do calor e da fumaça que também contribuem significativamente para a propagação desenfreada do fogo. Não é exagero afirmar que o fator velocidade do vento não apenas acelera a reação em cadeia como também dispersa a fuligem e a fumaça que ao serem inalados trazem uma série de problemas viaspiratórias e dependendo da intensidade pode provocar a morte, mesmo após alguns dias de sua inalação. Em todo esse processo pode se dizer de forma resumida que o incêndio pode levar uma pessoa a óbito.

A inalação de gases tóxicos pode ocasionar vários efeitos danosos ao organismo humano. Alguns dos gases causam danos diretos aos tecidos dos pulmões e às suas funções. Outros gases não provocam efeitos danosos diretamente nos pulmões, mas entram na corrente sanguínea e chegam a outras partes do corpo, diminuindo a capacidade das hemácias de transportar oxigênio (CBMDF, 2006, p. 181).

Outra maneira de se compreender esse processo é considerar os incêndios ocorridos na cidade de Caxias, como mostra a Figura 2, no estado do Maranhão, cidade na qual o governador Flávio Dino decretou estado de emergência devido aos 322 focos de incêndio e queimadas florestais que foram registrados em aproximadamente duas semanas. Deixando um total de 90 famílias desabrigadas das quais, 30 tiveram suas casas destruídas. Além da cidade de Caxias, foram atingidos os povoados de Nazaré do Bruno, Engenho d'Água, Fortaleza, Vila Nova, Floresta, Cajazeiras e Bom Jardim num intervalo de 72 horas (OESTADOMA, 2016).

Figura 2 - Incêndio se propaga para residência na cidade de Caxias



Fonte: (OESTADOMA, 2016)

Do que foi exposto a respeito dos incêndios florestais é possível diferenciar três tipos de incêndios:

a) Incêndio de Superfície

Ocorre através da queima da vegetação morta encontrada no solo que podem ser galhos, folhas, herbáceas e os demais materiais em estado de decomposição. Incêndios desse tipo provocam sérios danos as arvores de pequeno e grande porte bem como prejudica a regeneração de plantas jovens e as vegetações rasteiras. Tais ocorrências se dão nas mais variadas formas de vegetação cujas características são predominantemente do Brasil e dos países da América Latina (SILVA, R., 1998).

b) Incêndio de Copa

Parece óbvio que nessa forma de incêndio se dá apenas na parte superior das arvores, mas não, pois se considera incêndio de copa ao fogo que alcança uma altura mínima de um metro e oitenta centímetros o que facilita a velocidade de propagação do fogo devido à ação rápida do vento a essa altura. Ocorrência dessa natureza é observada com maior frequência nas florestas de coníferas e pinares da América do Norte e Europa, o que não significa dizer que no Brasil esse fato não ocorra com frequência suficiente que possa ser relevado, afinal, trata-se de um fenômeno de grande relevância devido suas consequências (SILVA, R., 1998).

c) Incêndios Subterrâneos

Como o próprio nome nos diz, os incêndios subterrâneos ocorrem embaixo do solo de forma lenta devido a pouca presença de oxigênio, porém consome a matéria orgânica seca, as raízes e as massas de tecidos das plantas existentes no local que normalmente se apresenta uma queima lenta e contínua pelo fato de está compactado. O que caracteriza um embaraço notável no que ainda restam das florestas tropicais em todo o globo. O fato é que mesmo após anos de estudo científicos e apesar da notável atenção dos veículos de comunicação sobre os incêndios florestais os efeitos e consequências ao homem e ao meio ambiente continuam sendo ignorados (SILVA, R., 1998).

No Brasil, a estiagem prolongada, a vegetação seca e a baixa umidade relativa do ar fizeram com que o número de incêndios florestais aumentasse em 2007, que foi considerado “o ano do fogo”, segundo o PREVFOGO/IBAMA (2007). No estado do Rio de Janeiro, a Secretaria de Estado do Ambiente (SEA) e o Instituto Estadual de Florestas (IEF), decretaram em outubro de 2007 alerta máximos contra as queimadas e incêndios que se alastravam no estado devido à prolongada estiagem. (RODRIGUES, 2008, p. 1)

3.2 Os Incêndios

Historicamente os grandes incêndios já registrados pela humanidade trouxeram enormes danos e prejuízos. Como o incêndio da cidade de Londres em 1666 que destruiu parte da cidade, o qual foi considerado uma das maiores

catástrofes da capital inglesa. Em Amsterdam em 1421 o incêndio destruiu um terço da cidade. (KNAUSS, 1961).

Incêndio é o fogo que ao fugir do controle humano é capaz de queimar as mais variadas formas da matéria, bem como o que não se pretendia queimar, trazendo como consequências, danos ao patrimônio e a vida devido a ação continua das chamas, da energia térmica e da fumaça (CBMDF, 2006).

Em 1997, em decorrência do fenômeno El Niño, os estados de Kalimantan (Bornéu) e Sumatra (Indonésia) foram afetados por incontáveis incêndios florestais, que tiveram duração de aproximadamente dois meses (entre julho e setembro) e resultaram em um episódio de grande poluição do ar, com impactos sobre a população em uma ampla região do sudoeste asiático, como na Indonésia, Malásia, Cingapura, sul da Tailândia, Brunei, e sul das Filipinas. Aproximadamente 1.500 focos de incêndio provocaram a queima de 550 mil hectares de florestas e uma Área total de queima de biomassa de 4,5 milhões de hectares (ARBEX, CAN'ADO, *et al.*, 2004, p. 167).

É preciso ressaltar que, infelizmente outro fato ocorreu em 1º de agosto de 2004 no supermercado cuja rede é Ycuá Bolaños na cidade de Assunção no Paraguai que pegou fogo deixando aproximadamente um registro de 350 óbitos, 70 desaparecidos e 300 feridos (SEITO, GILL, *et al.*, 2008).

3.2.1 Incêndios no Brasil

Dentre os mais variados incêndios ocorridos na história do país a ocorrência em 17 de dezembro de 1961 no estado do Rio de Janeiro na cidade de Niterói que deixou 250 óbitos e 400 enfermos durante um espetáculo no Gran Circo Norte-Americano, mostrado na Figura 3, é algo a ser ressaltado. O incidente se deu por conta de um incêndio no toldo que caiu ainda em chamas sobre os 2500 espectadores 20 min antes do término do espetáculo (SEITO, GILL, *et al.*, 2008).

Figura 3 - Gran Circo Norte-Americano



Fonte: (GLOBO, 2013)

O incêndio no Edifício Andraus, mostrado na Figura 4, também representa uma referência em incêndios de grande proporção no país já que das 352 vítimas do incidente ocorrido na cidade de São Paulo, 16 foram mortos, transformando o dia 24 fevereiro de 1972, como o primeiro grande incêndio em prédios de grande porte do país (SEITO, GILL, *et al.*, 2008).

Figura 4 - Edifício Andraus



Fonte: (BOL, 2017)

Outro fato de suma importância que cabe destaque, ocorrido em janeiro de 2013 na cidade de Santa Maria no estado do Rio Grande do Sul, foi o incêndio na casa noturna conhecida como boate Kiss que matou 242 pessoas e deixou 169 hospitalizadas devido à inalação da fumaça e queimaduras pelo corpo, como mostra a Figura 5. O fogo que se propagou pela boate através do material utilizado para isolamento acústico liberou monóxido de carbono e gás cianídrico que provocou uma série de problemas na saúde dos ocupantes e transformou esse incidente num dos piores ocorridos no país nos últimos 50 anos (CARDOSO, FERNANDES e RIEDER, 2014).

Dentre as substâncias de efeito sistêmico, pela alta morbimortalidade a que estão associados às lesões inalatórias, destacam-se o monóxido de carbono (CO) e o cianeto de hidrogênio (HCN). A intoxicação por CO é responsável por 80% dos óbitos relacionados às lesões inalatórias, em que a maior parte ocorre dentro das primeiras 24 horas de exposição (CARDOSO, FERNANDES e RIEDER, 2014, p. 139)

Figura 5 - Incêndio na boate Kiss



Fonte: (CIDADANIA, 2013)

Os trabalhos supracitados servem basicamente para posicionar o leitor sobre as consequências mais graves que a inalação da fumaça pode trazer para as pessoas, obviamente, não se pode comparar as quantidades em questão com aquelas inaladas por incêndios em terrenos baldios, porém em longo prazo, estes efeitos podem se fazer presentes e causarem danos semelhantes aos citados acima, principalmente quando aliados à poluição normalmente encontrada nas cidades brasileiras.

3.2.2 Incêndios em Terrenos Baldios

Os incêndios em terrenos baldios resultam da conduta negligente ou acidental da ação humana, seja no período de queima para utilização do solo, seja para queimar o lixo acumulado em tais terrenos. É importante salientar que de forma natural e em condições climáticas favoráveis, o clima, a pressão atmosférica, a umidade relativa do ar, a temperatura, a radiação, a velocidade do vento entre outros fatores, podem contribuir para o princípio de incêndio que ocorre através de uma fonte de calor ou de forma espontânea. Ao fazer uma análise da sociedade, busca-se descobrir os fatores que levam as práticas de vandalismo que também é exemplo da atuação do homem como um dos fatores principais para os focos de incêndios nesse tipo de terreno. É possível afirmar que em razão de tais condutas se observam consequências sociais, ambientais, socioculturais que representam uma ameaça à segurança pública e a saúde das pessoas. Vale ressaltar que no processo de queima a liberação da fumaça que é tóxica e dinâmica, invade facilmente as edificações provocando desconforto, principalmente para as pessoas que já

apresentam algum problema de saúde. A fumaça provoca uma série de outros problemas durante e pós o incêndio e em casos mais severos podendo até matar. (PINHEIRO, 2017).

A fumaça é a mistura de gases, vapores e partículas sólidas finamente divididas. Sua composição química é altamente complexa, assim como o mecanismo de formação. É o produto da combustão que mais afeta as pessoas por ocasião do abandono da edificação (SEITO, GILL, *et al.*, 2008, p. 48).

Não restam dúvidas de que a fumaça produzida durante o incêndio provoca insegurança na vida das pessoas em diversos aspectos e sendo ou não inalada ela deixa uma série de efeitos que podem se apresentar de várias formas, como lacrimejamento, dificuldade de visualização das rotas de fuga, redução de oxigênio devido a presença de gás carbônico, tosse e sufocação, possui grande mobilidade sendo capaz de atingir vários ambientes num curto intervalo de tempo, debilita a coordenação motora das pessoas por causa do efeito tóxico de seu componentes. (SEITO, GILL, *et al.*, 2008).

A inalação de gases tóxicos pode ocasionar vários efeitos danosos ao organismo humano. Alguns dos gases causam danos diretos aos tecidos dos pulmões e às suas funções. Outros gases não provocam efeitos danosos diretamente nos pulmões, mas entram na corrente sanguínea e chegam a outras partes do corpo, diminuindo a capacidade das hemácias de transportar oxigênio (CBMDF, 2006, p. 7).

Uma vez que as hemácias tenham dificuldade para o transporte de oxigênio pode ocorrer asfixia, pois o fogo consome o oxigênio do ar, com isso aumenta o acúmulo de CO₂ na corrente sanguínea e com a quantidade reduzida de oxigênio que chega aos pulmões a vítima fica debilitada e pode até desmaiar. Nesse caso o tempo é o fator principal para que ela sobreviva, caso não seja atendida em torno de dez minutos pode vir a óbito. Diante disso, será inevitável que, num primeiro momento se faça um estudo sobre os Incêndios em Terrenos Baldios para que se possam entender quais os principais fatores contribuem para esse tipo de ocorrência. Sob essa ótica, ganha particular relevância compreender os efeitos do clima no incêndio. Após se compreender tais efeitos e seja possível correlacionar a frequência com que ocorrem tais incêndios, se possa determinar um sistema capaz de prever o período do ano, dia ou hora com maior probabilidade de ocorrência de incêndios. Nesse contexto, fica claro que a prevenção se torna útil, não apenas pelo

fato da não necessidade de aplicação das técnicas de combate a incêndio, e sim porque será possível otimizar os recursos e evitar o pânico. (PINHEIRO, 2017)

A principal causa da letalidade em vítimas de incêndio corresponde à inalação de fumaça ou gases. Sendo a fumaça tóxica responsável por um morticínio que varia entre 60% a 80% dos casos. O monóxido de carbono (CO) trata-se de um gás que não apresenta cor, nem cheiro nem sabor que ocorre devido a combustão incompleta de hidrocarbonetos. (PASQUALOTO, ALBUQUERQUE, *et al.*, 2015).

À medida que a concentração de oxigênio diminui no ambiente e aumenta a quantidade de fumaça, a combustão dos materiais torna-se incompleta, ou seja, o dióxido de carbono dá lugar ao desenvolvimento de monóxido de carbono (CO). O monóxido de carbono é letal para o homem, pois quando se combina com a hemoglobina do sangue dá origem a carboxihemoglobina, substância não eliminável. Com isso, as pessoas têm consequentes desmaios e morrem por asfixia (SEITO, GILL, *et al.*, 2008, p. 65)

Outro aspecto importante no que diz respeito aos ITB's é a emissão de poluentes em virtude da queima de todo material vivo ou orgânico existente nesse tipo de terreno, a Figura 6 é a representação desse terreno típico e os focos e emissão de poluentes se observam na Figura 1, ou seja, a queima da biomassa que além de produzir energia em forma de luz e calor ocorre também desprendimento de partículas finas e gases poluentes para o ar atmosférico devido seu processo de combustão. (GONÇALVES, 2010).

Figura 6 - Representação dos terrenos baldios



Fonte: Autores (2018)

Queima de biomassa é um processo de combustão incompleta pela qual o material reage rapidamente com o oxigênio do ar produzindo um intenso desprendimento de calor e luz. Para a sua efetividade são necessários três elementos básicos, a saber: *combustível, comburente e temperatura de ignição*. A combinação destes elementos produz uma reação em cadeia que tem, como um de seus produtos, o fogo (SOUSA, 2008 apud GONÇALVES, 2010, p.23).

Após saber dos perigos provocados pela queima da biomassa, é de fundamental importância compreender os efeitos provocados na saúde das pessoas em decorrência do tempo de exposição à fumaça proveniente de sua queima, principalmente em locais confinados. Ainda que seja difícil explicar, tais efeitos estão associados com infecções respiratórias que ocorrem na garganta, ossos da face, narinas e ainda podendo evoluir. Entretanto, existem outros problemas como é o caso de Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC), pneumoconiose, catarata, cegueira, tuberculose pulmonar, assim como os diversos problemas em mulheres em estágio de gestação (ARBEX, CAN'ADO, *et al.*, 2004).

Diante desses dados, cabem alguns, questionamentos: e o bombeiro que apesar de usar os equipamentos de proteção individual (EPI) pode também ser uma vítima? Pode ser intoxicado pela fumaça? Ele pode precisar de atendimento durante a ocorrência? Pode ele sofrer queimaduras mesmo sem o contato direto com as chamas? Por mais que se tenha preocupado e utilizado todos os EPI's o bombeiro pode se tornar uma vítima já que alguns materiais combustíveis liberam muito calor e o ambiente no qual ele trabalha ultrapassa facilmente os 44 °C e dependendo do seu tempo de exposição precisará ser resfriado, pois caso não seja poderá ter sua pele grudada ao tecido e dependendo do caso ele será substituído. O bombeiro pode sofrer intoxicação pela fumaça e nesse caso deve ser atendido no local da ocorrência, ofertando oxigênio (O₂) mesmo que o oxímetro indique concentração normal de O₂ no sangue. (CBMDF, 2006).

A utilização de oxímetro de pulso em vítimas de intoxicação por fumaça será inútil, pois esse tipo de equipamento não possui capacidade de diferir os comprimentos de onda gerados pela oxihemoglobina ou pela carbohemoglobina fornecendo valores errôneos, ou seja, altos valores da concentração de oxigênio na corrente sanguínea. (CBMDF, 2006, p. 42)

4 AS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS E A INFLUÊNCIA DO CLIMA

Tão importante quanto saber o que são as variáveis climáticas, temperatura, pressão atmosférica, umidade, precipitação etc. É saber se elas são influenciadas direta ou indiretamente pelo clima. Nesse ponto, sabe-se de antemão que algumas delas variam no espaço tempo como, por exemplo, a temperatura que pode variar de uma região para outra, o teor de vapor d'água na atmosfera que possui relação com a pressão parcial. Diante disso, será inevitável que, em um primeiro momento, consideram-se tais variáveis como elementos imprescindíveis para análise de suas relações com o clima. Além disso, vale considerar que seja possível a coexistência delas ou de pelo menos uma delas com os princípios de incêndios. Entretanto, isso demanda uma análise mais detalhada que faça o uso de ferramentas matemáticas, ou equações empíricas que auxiliem nos resultados que se deseja alcançar. (SILVA, M., 2005)

4.1 Temperatura

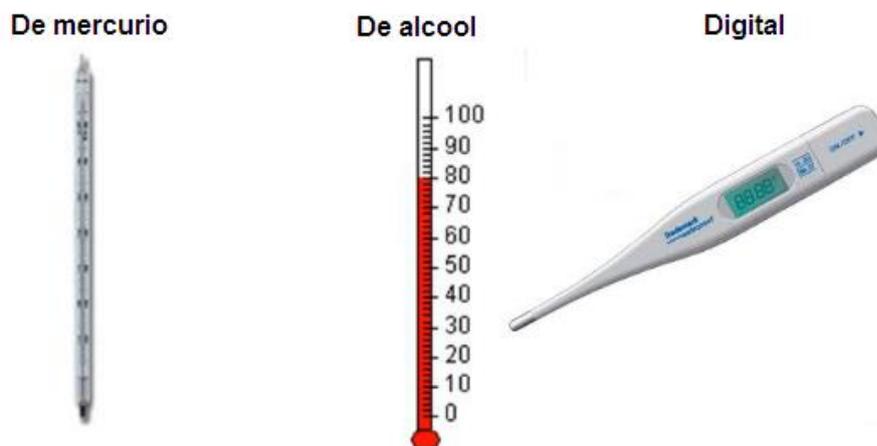
A temperatura corresponde ao grau de agitação térmica das partículas que constituem um corpo. Ela está associada ao movimento cinético médio das partículas. (NUSSENZVEIG, 2004).

A temperatura é uma das sete grandezas fundamentais do SI. Os físicos medem a temperatura na **escala Kelvin**, cuja unidade é o kelvin (K). Embora não exista um limite superior para a temperatura de um corpo, existe um limite inferior; esta temperatura limite é tomada como sendo o zero da escala Kelvin de temperatura (HALLIDAY, 2009, p. 183).

Embora a escala Kelvin seja usada pelos cientistas para fazer suas medições, existe uma escala muito utilizada no dia-a-dia principalmente no Brasil, que é a escala Celsius (será adotada neste trabalho) a qual pode ser relacionada a escala Kelvin através da relação: $T = T_c + 273,15^\circ$. (HALLIDAY, 2009).

Onde T: temperatura na escala Kelvin e T_c : temperatura na escala Celsius. O instrumento utilizado para medir a temperatura é o termometro, mostrado na Figura 7, que pode ser de varios tipos, como de mercurio, álcool, digital etc. (HALLIDAY, 2009).

Figura 7 - Exemplos de Termômetros



Fonte: (MORENO, 2016)

O termo temperatura pode está relacionado de várias formas, seja com a superfície do planeta, seja com o ar atmosférico ou com a água dos mares, rios e lagos. Medir a temperatura do ar a uma altura próximo a dois metros é um procedimento utilizado normalmente para se calcular a temperatura próximo a superfície do solo com o objetivo de se traçar o perfil da temperatura e dessa forma, se observar o comportamento turbulento do fluxo de calor. Nesse caso, se utilizam sensores em satélites metereológicos ou em pontos extratégicos dependendo do objetivo que se deseja alcançar, assim por exemplo se o objetivo é calcular a temperatura proximo a superfície de um lago, os sensores podem ser colocados em bóias. (SILVA, M., 2005).

A importância de controlar a temperatura é muito grande pois tanto a fauna como a flora dependem de condições ideais ou toleráveis para existirem. Algumas espécies de aves percorrem grandes distâncias a fim de encontrar regiões cuja temperatura seja ideal para procriação e existência de sua espécie. A temperatura também é essencial e influência significativamente no crescimento das plantas e de certos vegetais que podem ter seu processo de formação inibido podendo aumentar o surgimento de biomassa. (SILVA, M., 2005).

4.2 Pressão Atmosférica

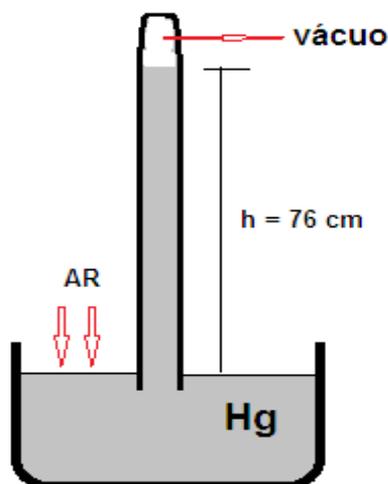
A pressão atmosférica corresponde a relação entre a força exercida por uma coluna de ar de secção reta por unidade de área que está a certa altura. No SI a unidade de medida da pressão é o N/m^2 porém, existem outras unidades

usualmente utilizadas como o atm. Os instrumentos utilizados para mensurar ou registrar a pressão atmosférica são denominados de barômetros ou barógrafos. (SILVA, M., 2005).

Em 1643, mediante uma experiência bem simples, E. Torricelli mostrou que a pressão atmosférica é capaz de compensar a pressão reinante na base de uma coluna de mercúrio (Hg), mantida em equilíbrio. Estava inventado o barômetro (Fig. 7), instrumento que, com alguns melhoramentos, constitui, ainda hoje, o meio mais preciso de determinar a pressão atmosférica (SILVA, M., 2005, p. 129).

Levando em consideração as condições normais de temperatura e seja g aceleração da gravidade ($g = 980,665 \text{ cm/s}^2$) e considerando a pressão normal de 76 cm de coluna do barômetro mostrado na Figura 8, é possível calcular o valor de 1 atm, utilizando a densidade do mercúrio ($13,5951 \text{ g/cm}^3$) a temperatura de $0 \text{ }^\circ\text{C}$ através da relação $p = dgh$. Teremos: $p = 980,665 \times 13,5951 \times 76 = 1013,25 \text{ mb}$, assim, um atmosfera (1atm) é equivalente a 760 mmHg, a 1013,25 mb ou 101325 Pa. (SILVA, M., 2005).

Figura 8 - Barômetro de Torricelli



Fonte: (SILVA, 2005)

De acordo com as precisas conclusões de Silva M. (SILVA, 2005, p. 141):

Em geral, a pressão atmosférica muda de ponto para ponto e, em cada ponto, ao longo do tempo. Essa contínua variação da pressão decorre da incessante alteração da massa específica do ar, nas diferentes camadas da atmosfera situadas acima do local em questão, causada por alterações na temperatura, no conteúdo de vapor d'água, ou em ambas. A massa específica do ar diminui quando aumenta a temperatura, o teor de umidade, ou ambos.

4.2.1 Umidade

Segundo a definição concebida por Ayoade (1996, p. 138), “umidade é o termo usado para descrever a quantidade de vapor d’água contido na atmosfera”. Esse conceito não se estende quando a água na atmosfera se apresenta no estado líquido ou no estado sólido. Dependendo da quantidade desse vapor d’água em certa quantidade de ar é possível a produção de precipitação. Outro aspecto a respeito do vapor d’água é o fato de ter a função de regulador termal, pois absorve tanto a energia radiante do sol quanto da terra. Além de influenciar na temperatura do ar, libera energia na forma de calor latente ao sofrer condensação. Esta forma de energia contida no vapor d’água é fundamental para circulação atmosférica como também para o crescimento das variações atmosféricas. (AYOADE, 1996).

Embora o vapor d’água represente somente 2% da massa total da atmosfera e 4% de seu volume, ele é o componente atmosférico mais importante na determinação do tempo e do clima. A quantidade de vapor d’água contido na atmosfera varia de lugar para lugar e no transcurso do tempo, em determinada localidade. Ela pode variar de quase zero, em áreas quentes e áridas, até um máximo de 3% nas latitudes médias e 4% nos trópicos úmidos (AYOADE, 1996, p. 128).

De acordo com Ayoade (1996, p. 144), “a umidade relativa do ar varia inversamente com a temperatura, sendo mais baixa no começo da tarde e mais elevada à noite”. A umidade relativa do ar pode ser facilmente mensurada através do uso de termômetros. Seja por termômetro de mercúrio, ou por termômetro de bulbo seco ou ainda por de bulbo umedecido. Além de ser influenciado pela temperatura do ar ele indica o grau de saturamento do mesmo. Vale lembrar que a umidade relativa não mede o total de umidade contido na atmosfera e sim uma aproximação da intensidade com que o ar está próximo de ficar saturado (AYOADE, 1996).

Segundo Ayoade (1996, p. 143), “umidade relativa é a razão entre o conteúdo real de umidade de uma amostra de ar e a quantidade de umidade que o mesmo volume de ar pode conservar na mesma temperatura e pressão quando saturado. É geralmente expressa na forma de porcentagem”. A título de informação existem várias maneiras de se mensurar a umidade do ar além da umidade relativa, como umidade absoluta, umidade específica, temperatura do ponto de orvalho e a

pressão vaporífica que correspondem ao que se conhece por índices de umidade. (AYOADE, 1996).

4.2.2 Índice Pluviométrico

Pluviometria pode ser entendida como a medida da quantidade de precipitação que se forma sobre uma superfície não permeável cujo valor da área é de um metro quadrado. A espessura de água que se forma em tal superfície representa a quantidade de precipitação cuja unidade de medida usualmente utilizada é o milímetro (mm). Se imaginarmos que em um metro quadrado de área a quantidade de água que se forma tenha uma espessura de um milímetro, então teríamos o equivalente a um litro de água por metro quadrado (SILVA, M., 2005).

Como bem nos assegura Silva M. (2005), pode se dizer que o índice pluviométrico é a medida em milímetro da quantidade de precipitação num local cuja área é um metro quadrado. Neste contexto, fica claro que o objetivo é saber a quantidade de água que cai em forma de chuva em determinada região em certo período do ano. O mais preocupante, contudo, é constatar que o papel do índice pluviométrico é conduzir a umidade do ar de uma região para outra. Não é exagero afirmar que uma chuva de 30 mm significa 30 litros por metro quadrado que se lança no terreno e num hectare corresponde a 300.000 litros de água.

$$V = 1m^2 \times 10^{-3} m = 10^{-3} m^3$$

$$1m^3 = 1000 L$$

$$1m = 10^2 cm$$

$$1cm = 10 mm$$

$$V = 10^{-3} m^3 \times 10^3 L = 1litro$$

O instrumento de medida utilizado para calcular a quantidade de água da chuva é o pluviômetro o qual possui o formato cilíndrico com base em forma de funil. Apesar de existir vários modelos de pluviômetros, todos possuem objetivos semelhantes que é coletar e minimizar a perda de gotículas de água que caem no coletor e podem se perder através dos respingos no ato da colisão bem como evitar a perda pelo processo de evaporação a fim de se obter uma medida com erro aceitável de 0,05%. (SILVA, M., 2005).

4.2.3 A Influência do Clima no Incêndio

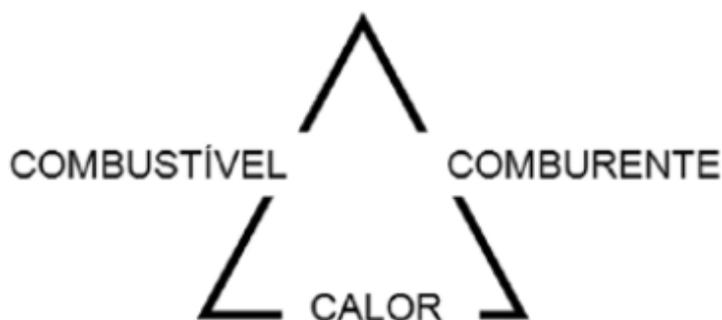
A incidência de fogo nas mais variadas formas de vegetação natural decorre de vários fatores, mas dentre estes, seguramente os climáticos que figuram os que mais influenciam em sua ocorrência, tais como: umidade do ar abaixo dos níveis normais (menor que 60%), elevação da temperatura atmosférica (acima de 28 °C), fonte de calor seja de origem natural ou resultante da ação humana e a precipitação de chuvas ao longo do dia. A razão principal para tal é a forte influência do nível de água e de oxigênio no ar e no combustível para o incêndio com as variáveis climáticas. De forma que, se a umidade é baixa, com alto teor de oxigênio e radiação solar, as probabilidades de ocorrências de uma ignição são bem altas. (CORRÊA, 2007 apud FERREIRA JR.,2002).

Dentre os elementos do clima, os mais importantes em relação à ocorrência ou não de incêndios florestais são a radiação (nebulosidade), umidade relativa do ar, a temperatura e pressão atmosférica, além de pluviosidade. E em caso da avaliação da propagação do incêndio, também, a direção e velocidade dos ventos (CORRÊA, 2007, p. 27).

Para melhor compreensão sobre a influência do clima no incêndio se faz necessário entender alguns elementos que estão associados ao comportamento do fogo e à combustão propriamente dita. A dinâmica do fogo está relacionada com certos materiais combustíveis e com certos elementos como fontes de calor, ponto de fulgor, ponto de ignição, vaporização etc. Que auxiliam na compreensão de como surgem os focos de incêndios nos terrenos baldios. (CBMDF, 2006).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (1997, p. 6), “fogo é o processo de combustão caracterizado pela emissão de calor e luz”. Apesar da existência da ciência do fogo não foi possível se chegar ainda ao consenso mundial do seu conceito e com isso sua definição pode variar de acordo com as normas de outros países. Esse elemento é tão importante que inicialmente se criou uma representação gráfica conhecida como triângulo do fogo, como mostra a Figura 9, no qual os elementos: combustível, comburente, e calor. Devem ficar juntos para que ocorra a combustão e para que ele se mantenha é necessário que tais elementos estejam interligados em proporções ideais. (SEITO, GILL, *et al.*, 2008).

Figura 9 - Triângulo do fogo



Fonte: (SEITO, GILL, *et al.*, 2008, p. 35)

Após a descoberta do halo (hidrocarboneto halogenado) foi necessário uma revisão na teoria do triângulo do fogo a qual foi substituída pelo que se conhece como Tetraedro do fogo, como mostra a Figura 10, na qual um novo elemento, a reação em cadeia, entra em cena para manter a combustão juntamente com o combustível, comburente e calor (SEITO, GILL, *et al.*, 2008).

Figura 10 - Tetraedro do fogo



Fonte: (SEITO, GILL, *et al.*, 2008, p. 36)

O fogo para ser iniciado e se manter no material combustível sofre influência de vários fatores tais como: estado da matéria (sólido, líquido ou gás), massa específica, superfície específica, calor específico, calor latente de evaporação, ponto de fulgor, ponto de ignição, mistura inflamável (explosiva), quantidade de calor, composição química, quantidade de oxigênio disponível, umidade, etc. As diferenças do comportamento dos materiais combustíveis na ignição e na manutenção do fogo podem ser explicadas por meio desses fatores (SEITO, GILL, *et al.*, 2008, p. 36).

O calor é a energia que se transfere de um corpo para outro em virtude da diferença de temperatura entre eles e sua propagação pode ocorrer através da

condução, convecção e irradiação. A taxa de liberação de calor depende do material combustível, como mostra a Tabela 1. Através da irradiação outros lugares podem iniciar o princípio de incêndio desde que os materiais expostos à radiação recebam energia suficiente para iniciar a ignição. “O calor, antigamente conhecido como agente ígneo, é o componente energético do tetraedro do fogo e será o elemento responsável pelo início da combustão” (CBMDF, 2006, p. 15).

Tabela 1 - Taxa de liberação de calor de alguns materiais

Material	Massa (kg)	Pico da taxa de liberação de calor (kW)
Cesta de lixo pequena	0,7 – 6,1	4 – 18
Saco de lixo com 5kg de plástico e papel	1,1 – 3,4	140 – 350
Colchão de algodão	11,8 – 13,2	40 – 970
Móvel para TV (estante)	31,3 – 32,7	120 – 290
Cadeira de PVC com armação de metal	15,4	270
Poltrona de algodão	17,7 – 31,8	290 – 370
Gasolina (recipiente - diâmetro 0,61 m)	19	400
Árvore de natal natural seca	5,4 – 7,3	500 – 650
Colchão de poliuretano	3,2 – 14,1	810 – 2.630
Poltrona de poliuretano	12,2 – 27,2	1.350 – 1.990
Sofá de poliuretano	51,3	3.120

Fonte: (CBMDF, 2006, p. 35)

Segundo CBMDF (2006, p. 22), “O estado gasoso é o estado ideal para as queimas, essencialmente necessário para a combustão. Portanto, a maioria dos combustíveis sólidos e líquidos passa para o estado gasoso antes de se inflamar”. Ao contrário do que se pensa, antes da queima ocorre o processo de pirólise, que é a liberação de gases do material, devido a energia térmica oriunda de uma fonte de calor, e só depois ocorre a combustão, exceto apenas nos materiais que já se encontram no estado gasoso. A fonte de calor responsável pelo desprendimento dos gases pode ser uma faísca, ponta de cigarro, superfície aquecida, restos de uma fogueira, uma pequena brasa, arco elétrico, aumento de temperatura ambiente entre outras.

Os materiais combustíveis possuem certas propriedades como ponto de fulgor, ponto de ignição e autoignição que são fundamentais para o entendimento do processo de combustão e auxiliarão o leitor a entender porque alguns materiais queimam mais facilmente do que outros (CBMDF, 2006).

Ponto de fulgor pode ser entendido como a menor temperatura responsável pela ignição de certo material que entrou em contato com uma fonte externa de calor. Uma vez retirada a fonte as chamas se apagam. Isso se verifica devido a quantidade reduzida de vapores no processo de pirólise. Já o ponto de ignição difere do ponto de fulgor pelo simples fato da chama ser mantida mesmo após a retirada da fonte. Isso acontece devido à concentração de vapores serem suficientemente necessário para auto sustentação da combustão. Ainda é possível que o material combustível entre em ignição sem a presença de uma fonte externa de calor independentemente de sua temperatura ser igual ou diferente da do ponto de ignição do mesmo material. Nesse caso as condições ambientais são propícias para acontecer o aumento gradual da temperatura. Esse processo é chamado de autoignição (CBMDF, 2006).

A intensidade da chama depende exclusivamente da quantidade mínima de oxigênio presente no ar para que ocorra a combustão, assim a concentração normalmente encontrada no ar é de 21% e para valores abaixo pode acarretar na redução da intensidade da chama ou até mesmo sua extinção (CBMDF, 2006).

Tabela 2 - Composição atmosférica do ar

Elemento	Concentração
Nitrogênio	78%
Oxigênio	21%
Outros	1%

Fonte: (CBMDF, 2006, p. 20)

Vale ressaltar que o clima quente-úmido da cidade de São Luís influencia diretamente na variação do aumento de temperatura, principalmente nos locais dos quais é reduzida a arborização e existe concentração de construções de concreto que dificulta a circulação do ar. Ora, locais com estas características corresponde aos terrenos baldios que normalmente possuem vegetação rasteira e ficam próximos de construções, apresentam pouca arborização e possuem características propícias para o aumento de temperatura e maior probabilidade de ocorrência de incêndio (TRINTA, 2007).

Com o aumento de temperatura ocorre redução da umidade relativa do ar que por sua vez implica na taxa de evaporação dos líquidos principalmente nos

restos de galhos ou biomassa da vegetação rasteira. Fazendo uma analogia ao que foi exposto até aqui, fica fácil concluir que esses materiais combustíveis terão seus pontos de ignição alterados e podem entrar em combustão facilmente (MASCARÓ, 2003).

O foco deste trabalho está em compreender as formas pelas quais o clima influencia direta ou indiretamente na produção dos focos de incêndios em terrenos baldios da cidade de São Luís.

5 METODOLOGIA

O tema supracitado nos levou a realizar uma pesquisa documental, uma avaliação atual do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Maranhão de modo a conhecer as suas condições e limitações para atender as emergências sobre os processos de mitigação e combate a incêndio propriamente dito.

Segundo Lakatos (2003), o método de procedimento constitui as etapas mais concretas da investigação. Sendo assim, foi empregado o método de procedimento monográfico onde ele afirma que a documentação indireta se divide em pesquisa documental que são as fontes primárias e pesquisa bibliográfica que são as fontes secundárias.

A primeira se caracteriza por ser a fonte de coleta de dados de documentos escritos ou não. Acrescenta-se que as fontes podem ser arquivos públicos ou particulares. No que se refere aos arquivos públicos, ela cita os documentos oficiais, ordens, leis, ofícios, relatórios, atas, debates, etc.

A constituição do nosso trabalho científico se deu através das fontes documentais primárias como também das secundárias:

- Primárias – A Constituição Federal e Leis referentes a processos de mitigação e combate a incêndio;
- Secundárias – Site dos órgãos públicos e site da internet das entidades privadas;

Desse modo, pretende-se analisar e catalogar os dados das ocorrências dos incêndios urbanos na cidade de São Luís no período de 2016 e 2017, bem como analisar os dados atmosféricos e as variáveis climáticas verificando a possibilidade da existência de causa e efeito entre as variáveis climáticas e os dados atmosféricos para que se possa encontrar um coeficiente de correlação entre tais variáveis e desse modo encontrar uma ferramenta matemática que correlacione incêndios urbanos com dados atmosféricos.

A razão pela qual se escolheu o período de análise supracitado está na disponibilidade de dados do CIOPS de São Luís e do INPE.

5.1 Correlação Matemática Linear

Correlação corresponde a medida do grau de relação entre duas variáveis. Assim como o peso depende da altura, o consumo de certo produto durante um mês em uma família depende de sua renda, a quantidade de certo produto vendido em um estabelecimento dependendo do valor do seu preço, diminuição das chuvas pode implicar no aumento dos focos de incêndio, assim como o fator umidade relativa do ar pode estar correlacionado com as ocorrências de incêndio (HOFFMANN, 1998).

Em outras palavras, correlação mede o grau de semelhança entre duas variáveis através de “r” onde r é o coeficiente de Pearson dado pela expressão:

$$r = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{xx} S_{yy}}}$$

Que tem a vantagem adicional de dar, automaticamente o sinal de r. (FREUND, 2006, p. 435).

Onde:

$$S_{xy} = \sum xy - \frac{1}{n}(\sum x)(\sum y)$$

$$S_{xx} = \sum x^2 - \frac{1}{n}(\sum x)^2$$

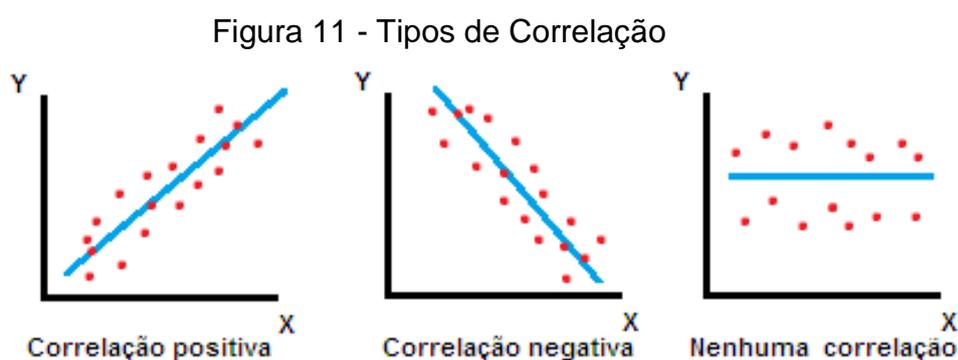
$$S_{yy} = \sum y^2 - \frac{1}{n}(\sum y)^2$$

Nas formulas acima o n representa a quantidade de pares de x.

Ao admitir que se pode ter um conjunto de n pares de valores (x,y) das variáveis que se deseja determinar bem como se tenha uma amostra de n observações das duas variáveis, é possível mostrar como se determina a correlação entre tais variáveis na amostra (HOFFMANN, 1998).

Assim, saber a correlação entre duas variáveis significa conhecer o que ocorre com uma quando a outra aumenta ou diminui. Se a variável x aumenta e y também aumenta dizemos que a correlação é do tipo direta ou positiva e nesse caso se tem o coeficiente de Pearson maior que zero ou seja, $r > 0 (+)$. Caso contrário, ou seja, quando a variável x aumentar e a variável y diminuir e vice-versa, como mostra a

Figura 11, dizemos que a correlação é do tipo inversa ou negativa e o coeficiente de Pearson possui valor menor do que zero. $r < 0$ (-), nos casos onde se tem $r = +1$ ou $r = -1$ se tem uma correlação do tipo perfeita. Existe ainda a possibilidade de não se ter uma relação entre as variáveis x e y e nesse caso não há nenhuma correlação ou que ela é nula, ou seja, $r = 0$, mostrando que elas ocorrem independentemente (FREUND, 2006).



Fonte: (FREUND, 2006)

Interpretação de r

O valor de coeficiente de correlação de Pearson pode variar assumindo valores entre -1 a $+1$ isto é: $-1 \leq r \leq +1$.

Isto significa dizer que quanto mais próximo de -1 ou de $+1$ estiver o valor de r mais forte será a correlação entre as variáveis e também quanto mais próximo do zero estiver o valor de " r " tanto pela esquerda de zero quanto pela direita dele se tem uma correlação fraca (HOFFMANN, 1998).

Coeficiente de Correlação (ρ) na Distribuição Conjunta de duas Variáveis

Para se calcular ρ se deve conhecer a distribuição conjunta das variáveis X e Y ou seja, existe a necessidade de compreender comportamento de tais variáveis na população considerada (HOFFMANN, 1998).

"Por definição, o coeficiente de correlação entre X e Y é dado por": (HOFFMANN, 1998, p. 360).

$$\rho = \frac{\text{cov}(X, Y)}{\sigma_X \sigma_Y}$$

onde

$$\sigma_X = \sqrt{V(X)}$$

$$\sigma_Y = \sqrt{V(Y)}$$

Quando se tem uma amostra aleatória com n pares de valores (X, Y) na qual a distribuição conjunta entre tais variáveis seja uma distribuição normal bidimensional, é possível testar a hipótese de nulidade H_0 , que diz que $\rho = 0$, em outras palavras verificar que não se tem correlação entre as variáveis X e Y da população de onde se retirou a amostra (HOFFMANN, 1998).

Para isso calculamos (HOFFMANN, 1998, p. 361)

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}},$$

Onde tem distribuição de t com $n-2$ graus de liberdade.

Tão importante quanto saber se existe uma correlação entre duas variáveis X e Y é saber qual a função que determina como Y varia em função de X . Ou seja, a função capaz de verificar tal relação é denominada de regressão (HOFFMANN, 1998).

A ideia de descrever a variação de uma variável em função de outra é antiga. No século passado, Galton, um matemático inglês, quis verificar se a estatura de um homem variava em função da estatura do pai. Para isso obteve dados de estatura de pais e filhos e os colocou em um gráfico. Galton verificou então que a estatura dos indivíduos pode ser analisada como função linear da estatura dos pais, mas que pais muito altos tendem a ter filhos menores de que eles. O matemático concluiu que estava havendo “regressão à mediocridade” e denominou a reta, que mostrava a estatura do indivíduo em função da estatura de pai, reta de regressão. (VIEIRA, 1999, p. 102).

Inicialmente vamos supor que a variável Y varia linearmente com a variável X .

O modelo estatístico de uma regressão linear simples é $Y_i = \alpha + \beta X_i + u_i$,

Com $i = 1, \dots, n$. Nesta expressão $\alpha + \beta X_i$ é o componente de Y_i cuja variação depende linearmente de X_i e u_i é o componente aleatório de Y_i . Admita-se que os u_i são variáveis aleatórias não correlacionadas entre si, com distribuição de média zero e variância constante como mostra a Figura 12. Essas pressuposições a respeito de u_i , denominado erro, podem ser indicadas como segue:

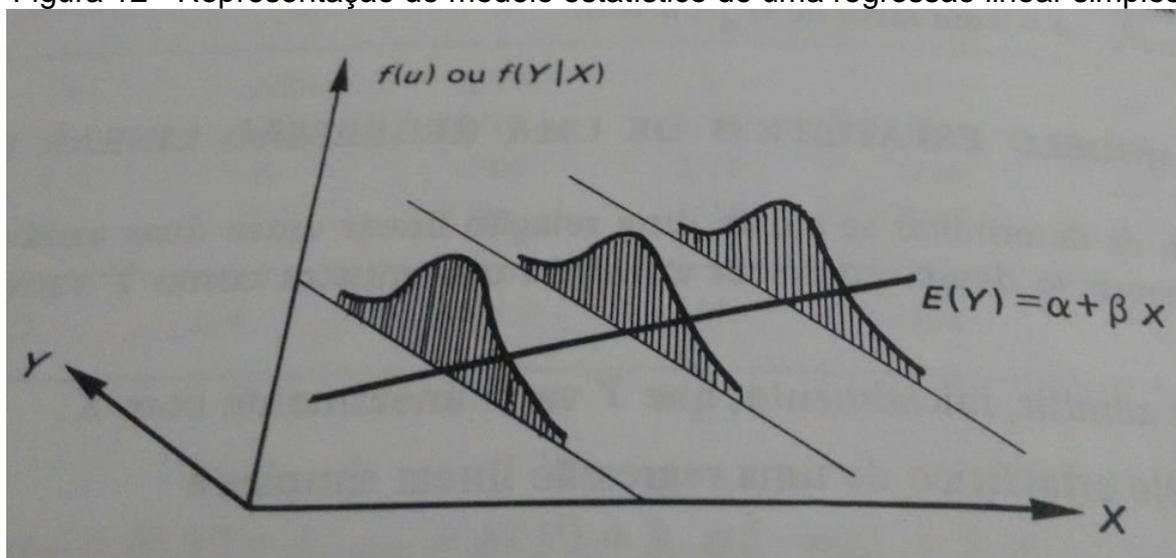
$$E(u_i) = 0$$

$$V(u_i) = E(u_i^2) = \sigma^2$$

$$\text{cov}(u_i, u_j) = E(u_i, u_j) = 0, p / i \neq j$$

Para obter intervalos de confiança para os parâmetros e testar hipóteses a respeito dos valores dos parâmetros α e β , é usual pressupor que os erros (u_i) são variáveis aleatórias independentes com distribuição normal de media zero e variância σ^2 . (HOFFMANN, 1998).

Figura 12 - Representação do modelo estatístico de uma regressão linear simples



Fonte: (VIEIRA, 1999, p. 362)

6 ANÁLISES DA CORRELAÇÃO DOS DADOS ATMOSFÉRICOS COM OS DADOS DO CIOPS

Neste capítulo, serão apresentados os resultados obtidos com as correlações realizadas entre os dados atmosféricos com os dados do CIOPS. Será apresentado ainda, como tal procedimento foi realizado e as observações que surgiram desta análise.

6.1 Análises de Dados

Como já explicado anteriormente a correção linear basicamente busca encontrar o nível de semelhança entre duas variáveis. Este trabalho será realizado comparando-se cada uma das variáveis atmosféricas com os dados de incêndios urbanos oriundos da grande região de São Luís.

Os dados de incêndios em terrenos baldios colhidos do CIOPS foram discretizados em uma base mensal. Os dados atmosféricos foram retirados do site do INPE em uma base horária, amostrados a cada 3 horas do dia ao longo de um ano. Em função disso, houve a necessidade de tratamento dos dados atmosféricos para deixá-los em uma base mensal. Médias aritméticas foram usadas para que ambas as variáveis estivessem sob a mesma base de dados: mensal. Desta forma, cada uma das variáveis analisadas têm doze elementos.

Além disso, verificaram-se algumas inconsistências nos dados do INPE: em algumas horas os dados eram colhidos com valores errados, ou mesmo não eram colhidos.

6.2 Análise dos dados de incêndios urbanos do CIOPS com a Pressão

A primeira variável correlacionada com os dados CIOPS são os dados de pressão atmosférica. O algoritmo para a obtenção desta análise está ilustrado nos Apêndices deste trabalho. O resultado está inicialmente apresentado no quadro 1 em dois anos: 2016 e 2017. O valor das correlações verificadas com cada uma destas variáveis está no quadro abaixo:

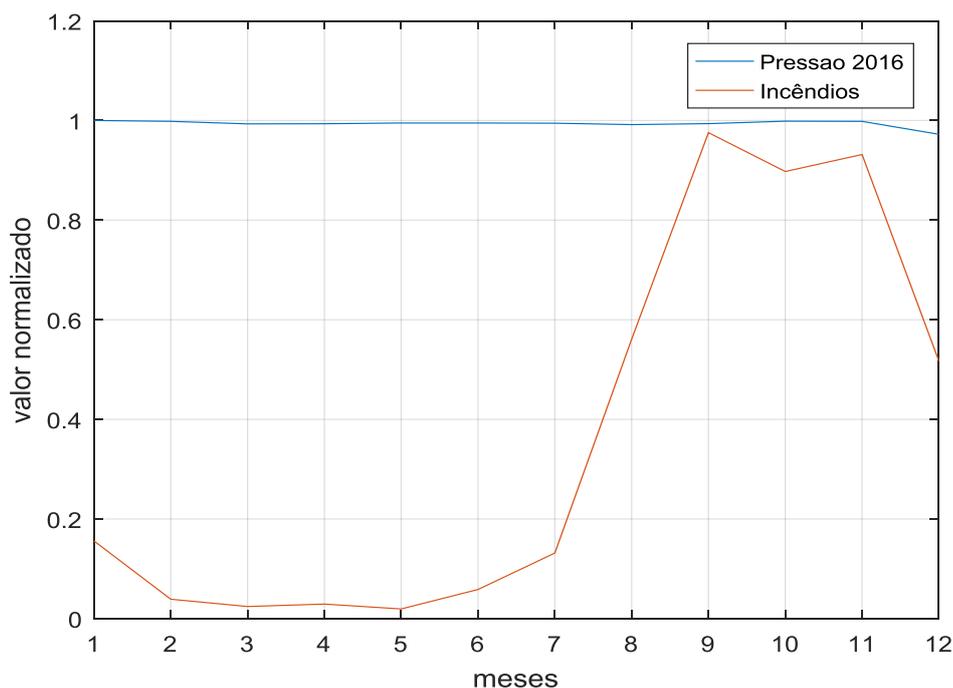
Quadro 1- Correlação entre os dados do CIOPS e os dados de pressão.

Ano	Correlação Pressão x CIOPS
2016	-0,0661
2017	No available

Fonte: Autores (2018)

Como se pode verificar no quadro 1, a correlação entre os dados de incêndio do CIOPS e os dados de pressão no ano de 2016 foi igual a -0,0661, ou seja, uma correlação inversa extremamente baixa que não traz informações diretas sobre o número de incêndios. Enquanto que em 2017 não se pôde fazer nenhuma avaliação em função da indisponibilidade de dados em alguns períodos. A figura 13 mostra o gráfico e ilustra normalização entre as duas variáveis.

Figura 13 - Ilustração da relação entre a Pressão em 2016 com os dados de incêndio do CIOPS



Fonte: Autores (2018)

6.2.1 Análise dos Dados de incêndios urbanos do CIOPS com a Temperatura

Neste tópico apresenta-se a correlação entre os dados de incêndios urbanos de terrenos baldios com os dados de temperatura colhidos no ano de 2016 e de 2017. O resultado da correção está apresentado no quadro 2.

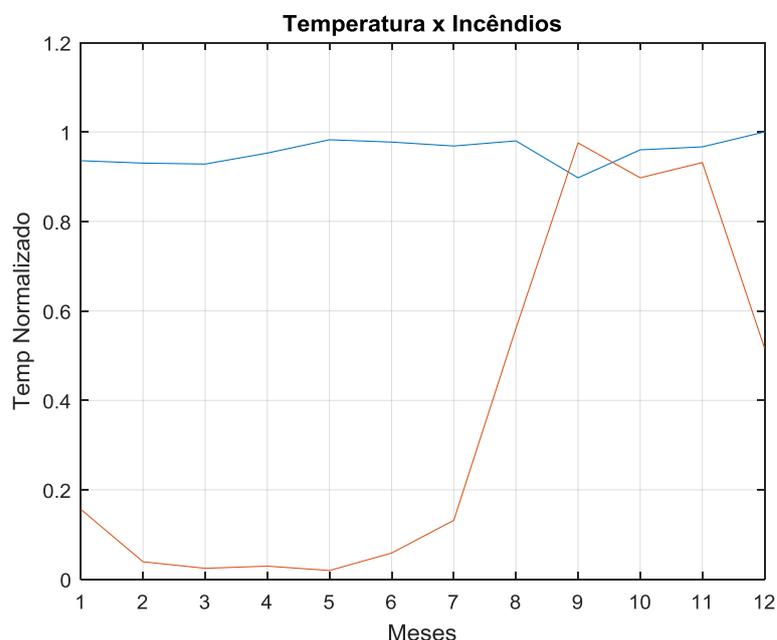
Quadro 2 – correlação entre os dados de incêndio do CIOPS e a temperatura.

Ano	Correlação Temperatura x CIOPS
2016	-0,0937
2017	No available

Fonte: Autores (2018)

Os dados de 2017 do INPE estavam quase que completamente corrompidos com muitos valores claramente inconsistentes. Nesta condição, optou-se por não os apresentar para que se evitem erros. Apesar disso, em 2016 a correlação foi inversa e igual a -0,0937. Isto significa que se registrou uma variação contrária a temperatura. Este dado é surpreendente sob vários aspectos, o principal deles é sua magnitude, esperava-se, pelo senso comum que a correlação fosse alta, mas isto aconteceu em função da pouca variabilidade de temperatura anual de São Luís. A Figura 14 apresenta estas variáveis.

Figura 14 - Relação entre a temperatura no ano de 2016 e o número de incêndios em terrenos baldios com os dados do CIOPS.



Fonte: Autores (2018)

6.2.2 Análise dos Dados de incêndios urbanos do CIOPS com a Umidade

Neste subitem, apresenta-se a relação existente entre os dados do CIOPS e a umidade. Utilizando-se o mesmo procedimento das análises anteriores,

apresenta a correlação entre os dados de incêndios do CIOPS e a umidade relativa do ar na grande São Luís, mostrados no quadro 3.

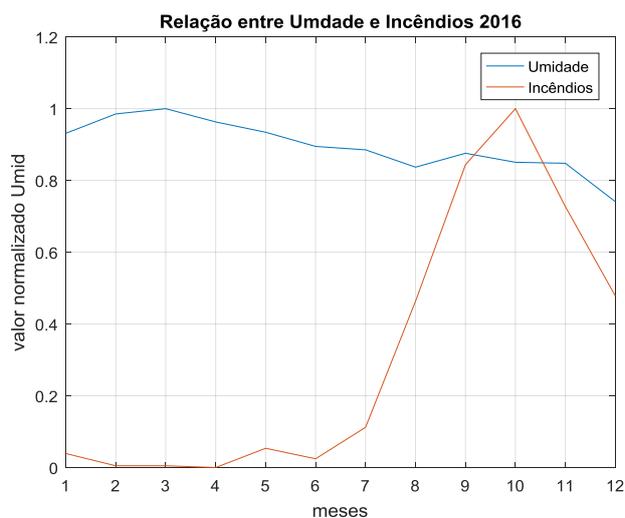
Quadro 3 – Relação entre a umidade e os dados do CIOPS

Ano	Correlação Umidade x CIOPS
2016	-0,6489
2017	No available

Fonte: Autores (2018)

Percebe-se pelo quadro 3 que a correlação encontrada foi igual a -0.6489, ou seja, uma correlação inversa e bem alta sob o ponto de vista da estatística. Isto significa que a umidade é uma variável fortemente correlacionada ao número de incêndios em terrenos baldios. A Figura 15 apresenta a relação entre as duas variáveis de forma normalizada.

Figura 15 - Gráfico da relação entre a umidade e o número de incêndios em terrenos baldios.



Fonte: Autores (2018)

6.2.3 Análise dos Dados de incêndios urbanos do CIOPS com o índice Pluviométrico

Apresenta-se aqui a relação entre os dados do número de incêndios do CIOPS com o índice pluviométrico da cidade de São Luís. O valor da correlação está apresentado no quadro 4. No ano de 2016 o resultado foi igual a -0.6953. Este foi o maior valor encontrado durante toda a análise o que resulta em um forte acoplamento com o número de incêndios em terrenos baldios. Tal valor já era

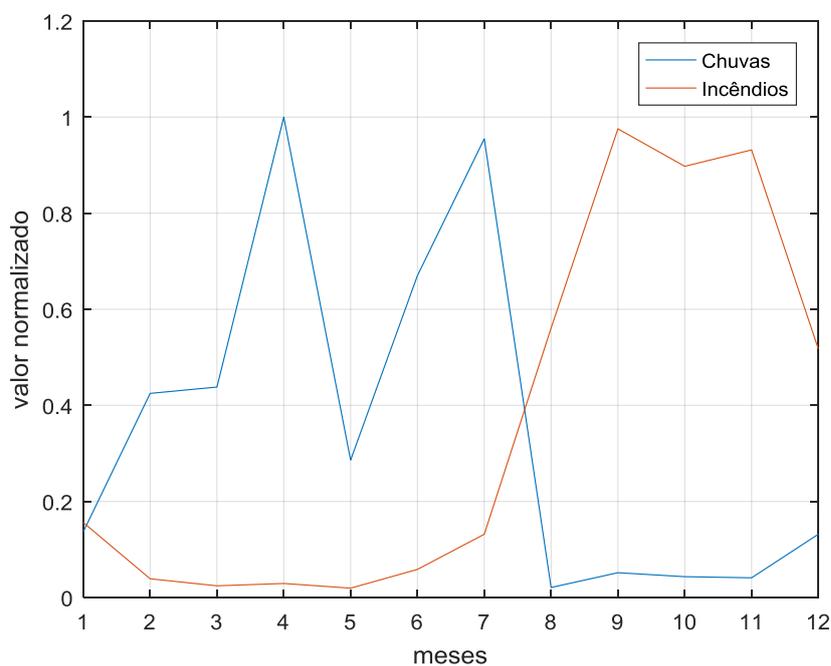
esperado pela óbvia relação inversa entre a água e os incêndios em vegetações como um todo. A Figura 16 apresenta os valores de ambas as correlações.

Quadro 4 – correlação entre o índice pluviométrico e os dados do CIOPS.

Ano	Correlação Índice pluviométrico x CIOPS
2016	-0,6953
2017	No available

Fonte: Autores (2018)

Figura 16 - Apresentação da correlação das chuvas com o número de incêndios em terrenos baldios.



Fonte: Autores (2018)

7 CONCLUSÃO

Esta pesquisa apresentou diversas correlações entre os dados do CIOPS versus os dados atmosféricos de algumas variáveis. Houve alguns problemas com os dados atmosféricos do ano de 2017. Pelo que se constataram muitos intervalos de dados não foram colhidos e por isso decidiu-se por não o apresentar.

As maiores correlações encontradas estão relacionadas com a quantidade de água saturada no ar ou mesmo no solo, pois existe uma relação natural e inversamente proporcional, verificou-se correlação negativa entre o número de incêndios urbanos e o acúmulo de água.

A temperatura ao longo de um ano foi uma variável que trouxe certa surpresa aos resultados do trabalho. Seu baixo índice de correlação revelou-se intrigante de certa forma, uma vez que se esperava uma correlação elevada entre altas temperaturas e os incêndios de qualquer natureza. A explicação de tudo isto basicamente reside em sua baixa variabilidade. A temperatura em São Luís varia muito pouco ao longo de um ano como se pode verificar no gráfico.

TRABALHOS FUTUROS

É sempre interessante, oferecer-se ao final de um trabalho de TCC um enunciado de perspectivas de trabalhos futuros em continuação ao trabalho apresentado. Assim, nas linhas mas diretas e óbvias naturalmente são:

- Discretizar a base temporal do trabalho em dias, horas ou até minutos;
- Construir um sistema de previsão de incêndios urbanos a partir da leitura das variáveis climáticas atuais;
- Buscar por novas fontes de aquisição de dados atmosféricos;
- Procura por outras variáveis climáticas que influem nos incêndios, como radiação solar.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, J. B. D. et al. **Marte.sid.inpe.br**, p. 1223-1230, 25 abr. 2009. Disponível em: <<http://mar.te.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.17.40.42/doc/1223-1230.pdf>>. Acesso em: 18 maio 2018.
- ARBEX, M. A. et al. **Queima de biomassa**. scielo.br, 02 dez. 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/jbpneu/v30n2/v30n2a15>>. Acesso em: 29 maio 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13860**: citações em documentos. Rio de Janeiro. 1997.
- AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. 4ª. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.
- BOL, F. **Relembre o incêndio do edifício Andraus, em São Paulo**. noticias.bol.uol.com.br, 24 fev. 2017. Disponível em: <<https://noticias.bol.uol.com.br/fotos/imagens-do-dia/2017/02/24/relembre-o-incendio-do-edificio-andraus-em-sao-paulo.htm>>. Acesso em: 19 maio 2018.
- CARDOSO, É. K.; FERNANDES, Â. M.; RIEDER, M. D. M. **Atuação da fisioterapia às vítimas da Boate Kiss**: a experiência de um Hospital de Pronto-Socorro. Revista Brasileira de Queimaduras, Porto Alegre, p. 1-6, nov. 2014.
- CBMDF. **Manual Básico de Combate a Incêndio**. Brasília. 2006.
- CIDADANIA, B. D. **Santa Maria e a Lei de Murphy**. blogdacidadania.com.br, 27 jan. 2013. Disponível em: <<https://blogdacidadania.com.br/2013/01/santa-maria-e-a-lei-de-murphy/>>. Acesso em: 20 Maio 2018.
- CORRÊA, S. D. C. **repositorio.unb.br**, 13 abr. 2007. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/2043/1/2007_StevanCamargoCorrea.pdf>. Acesso em: 19 maio 2018.
- FREUND, J. E. **Estatística Aplicada**. 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- G1.MA. **Maranhão é o 3º em número de queimadas no país em 2016**. Inpe. g1.globo.com, 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2016/12/maranhao-e-o-3-em-numero-de-queimadas-no-pais-em-2016-diz-inpe.html>>. Acesso em: 26 maio 2018.
- GLOBO, O. **Em Niterói, incêndio no Gran Circo Norte-Americano mata mais de 500 pessoas**. acervo.oglobo.globo.com, 07 set. 2013. Disponível em: <<http://acervo.oglobo.globo.com/em-destaque/em-niteroi-incendio-no-gran-circo-norte-americano-mata-mais-de-500-pessoas-8969092>>. Acesso em: 10 maio 2018.
- GONÇALVES, K. D. S. **Queimadas e atendimentos ambulatoriais por doenças respiratórias em crianças no município de Porto Gelho, Rondônia**. Fiocruz. Rio de Janeiro, p. 140. 2010.

HALLIDAY, D. R. J. W. **Fundamentos de física: gravitação, ondas e termodinâmica.** 8ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 2, 2009.

HOFFMANN, H. **ESTATÍSTICA PARA ECONOMISTAS.** 3ª. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 1998.

JUNIOR, C. H. L. S. et al. Dinâmica das queimadas na baixada maranhense. **InterEspaço**, Grajaú, v. 2, p. 355-375, abr. 2016.

KNAUSS, P. A cidade como sentimento: história e memória de um acontecimento na sociedade contemporânea - o incêndio do Gran Circus Norte-Americano em Niterói, 1961. **Revista Brasileira de História**, 1961.

LAKATOS, M. D. A. M. E. **Fundamentos de Metodologia Científica.** 5ª. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MASCARÓ, J. L. **Loteamentos Urbanos.** 1ª. ed. Porto Alegre: [s.n.], 2003.
MORENO, S. M. Tipos de termómetros Termómetros ambientais Termómetros clínicos. slideplayer.es, 2016. Disponível em: <<http://slideplayer.es/slide/7344940/>>. Acesso em: 25 abr. 2018.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor.** 4ª. ed. SÃO PAULO: EDGARD BLUCHER, v. 2, 2004.

OESTADOMA. **Incêndio em Caxias.** imirante.com, 18 out. 2016. Disponível em: <<http://imirante.com/oestadoma/noticias/2016/10/18/caxias-em-estado-critico-por-cao-de-incendios.shtml>>. Acesso em: 17 maio 2018.

PASQUALOTO, A. S. et al. **Perfil epidemiológico, sinais e sintomas respiratórios de indivíduos que inalaram fumaça tóxica no incêndio da boate Kiss.** Santa Maria, RS, Brasil. Redalyc.Org, Santa Maria, v. 14, p. 229-235, jun. 2015.

PINHEIRO, D. P. **MD.SAÚDE.** mdsaude.com, 2017. Disponível em: <<https://www.mdsaude.com/2013/01/fumaca-incendio.html>>. Acesso em: 20 maio 2018.

RODRIGUES, A. N. C. **Considerações sobre prevenção e combate aos incêndios florestais.** Seropédica, RJ. 2008.

SEITO, A. I. et al. **A SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO NO BRASIL.** SÃO PAULO: PROJETO EDITORA, 2008.

SILVA, M. A. V. **METEOROLOGIA E CLIMATOLOGIA.** RECIFE: [s.n.], v. Versão Digital, 2005.

SILVA, R. G. D. **Manual de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais.** Brasília. 1998.

TRINTA, P. V. **Álise bioclimática do Bairro Renascença II-São Luís-MA:** realidade e perspectiva do conforto térmico em espaços externos. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. 2007. VIEIRA, S. Elementos de Estatística. 3ª. ed. São Paulo: atlas, 1999.

ANEXOS

ANEXO A – RELATÓRIO QUANTITATIVO DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS FLORESTAIS ATENDIDAS PELO CBMMA.



ESTADO DO MARANHÃO
SECRETARIA DE ESTADO DA SEGURANÇA PÚBLICA
CENTRO INTEGRADO DE OPERAÇÕES DE SEGURANÇA
SERVIÇO DE ANÁLISE ESTRATÉGICA



Relatório Quantitativo de Ocorrências de Incêndios Florestais Atendidas pelo CBMMA.

PERÍODO: janeiro 2016 a fevereiro de 2018.

1. QUADRO QUANTITATIVO DE OCORRÊNCIAS.

ANO	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2016	32	8	5	6	4	12	27	115	200	184	191	108
2017	8	1	1	-	11	5	23	95	173	205	149	98
2018	28	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: CIOPS

2. QUADRO QUANTITATIVO COM 20 BAIROS COM MAIOR INCIDÊNCIA.

BAIROS	2016	2017	2018
CALHAU-ZN	61	37	3
ARAÇAGI-ZL	41	27	1
TURU-ZN	31	25	2
ANGELIM-ZN	23	26	
OLHO D'AGUA-ZN	26	17	2
BACANGA-ZS	13	18	
RECANTO VINHAIS-ZO	11	13	
BEQUIMAO-ZN	12	10	
COROADINHO-ZS	10	11	
SÃO FRANCISCO-ZN	12	8	
V. MARANHÃO-ZS	11	8	
ANJO DA GUARDA-ZS	11	8	
MAIOBINHA-ZL	6	13	
ALTO DO CALHAU-ZN	10	8	
PANAQUATIRA-ZL	9	9	
SÃO CRISTÓVÃO-ZS	6	8	4
VINHAIS-ZN	10	8	
CIDADE OPERÁRIA-ZL	13	5	
PAÇO LUMIAR	9	8	
SÃO JOSÉ DOS INDIOS-ZL	9	8	

Fonte: CIOPS



ESTADO DO MARANHÃO
SECRETARIA DE ESTADO DA SEGURANÇA PÚBLICA
CENTRO INTEGRADO DE OPERAÇÕES DE SEGURANÇA
SERVIÇO DE ANÁLISE ESTRATÉGICA



3. QUADRO QUANTITATIVO POR TURNO.

TURNO	2016	2017	2018
Manhã	228	208	7
Tarde	399	324	7
Noite	219	198	11
Madrugada	44	39	5

Fonte: CIOPS

OBS: Os períodos que tratam os períodos acima são:

Manhã: (06h:00min às 12h:00min)

Tarde: (12h:00min às 18h:00min)

Noite: (18h:00min às 00h:00min)

Madrugada: (00h:00min às 06h:00min)

4. QUADRO DEMONSTRATIVO POR HORA INTERNA

POR HORA INTERNA	2016	2017	2018	TOTAL
00:00	11	12	1	24
01:00	8	3	1	12
02:00	5	5		10
03:00	6	10	2	18
04:00	9	4		13
05:00	5	5	1	11
06:00	9	12	1	22
07:00	10	12		22
08:00	20	21		41
09:00	38	40		78
10:00	73	56	3	132
11:00	78	67	3	148
12:00	86	62	2	150
13:00	79	67		146
14:00	62	56		118
15:00	70	49	2	121
16:00	50	39	2	91
17:00	52	51	1	104
18:00	69	64	3	136
19:00	40	42	2	84
20:00	37	33	2	72
21:00	25	24	1	51
22:00	28	18	1	47
23:00	19	17	2	38
TOTAL GERAL	890	769	30	1689



ESTADO DO MARANHÃO
SECRETARIA DE ESTADO DA SEGURANÇA PÚBLICA
CENTRO INTEGRADO DE OPERAÇÕES DE SEGURANÇA
SERVIÇO DE ANÁLISE ESTRATÉGICA



13 horas	2	1	1	1	3	1	6	28	38	30	23	14	148
2016	2	1	1	1	2	1	2	15	20	13	14	7	79
2017					1		3	11	19	17	9	7	67
14 horas	3	1	3			1	8	20	28	23	20	13	118
2016	3	1	2				2	13	14	11	8	8	62
2017			1			1	4	7	14	12	12	5	56
15 horas	8					2	3	14	31	22	32	11	121
2016	1					2	1	8	18	12	22	6	70
2017	3						2	6	13	10	10	5	49
2018	2												2
16 horas	3	1					1	8	22	17	20	19	81
2016	1	1						2	15	6	15	10	50
2017							1	6	7	11	5	9	39
2018	2												2
17 horas	1				1		8	10	27	22	24	13	104
2016							3	8	12	10	14	5	52
2017					1		3	2	15	12	10	8	51
2018	1												1
18 horas	7	2	1		1	1	1	18	28	43	28	18	138
2016	4	2	1			1	1	10	13	14	14	9	69
2017					1			6	10	29	9	9	64
2018	3												3
19 horas	2			1	1		2	14	14	22	18	12	84
2016				1	1		1	5	4	14	7	7	40
2017							1	9	10	8	9	5	42
2018	2												2
20 horas	8		1		1	1	1	8	18	18	18	12	72
2016	3		1			1	1	3	6	9	5	8	37
2017	1				1			5	7	7	8	4	33
2018	2												2
21 horas	2				1	2	2	6	14	6	11	8	61
2016	1					2	1	2	8	3	6	3	26
2017					1		1	3	6	2	5	6	24
2018	1												1
22 horas	3	2				3	4	6	6	11	8	8	47
2016	3	1				1	2	4	3	7	5	2	28
2017						2	2	1	2	4	3	4	18
2018		1											1
23 horas	2	2				1	1	1	8	8	7	8	38
2016	1	1					1	1	6	4	2	3	19
2017						1			3	5	5	3	17
2018	1	1											2
Total Geral	88	11	8	8	16	17	60	210	373	389	340	204	1889

APÊNDICES

APÊNDICE A – RELAÇÃO DO CIOPS COM ÍNDICE DE TEMPERATURA

```

% TRANSFORMA DADOS HORÁRIOS EM MENSAIS,
clear all
clc

load slz_2016_temp.txt
%encontra a média mensal dos dados
v=max(slz_2016_temp(:,2));
dados=zeros(1,v);
for i=1:v
    linhas=find(slz_2016_temp(:,2)==i);
    dados(i)=mean(slz_2016_temp(linhas,5));
end

%normaliza os vetores de número de incendios e temperatura
dados=dados/max(dados);
load DADOS_CIOPS.txt;
x=DADOS_CIOPS(1,2:end)/max(max(DADOS_CIOPS(:,2:end)));

%plota os valores normalizados
plot(dados)
axis([1 12 0 1.2])
hold on
plot(x)
grid
xlabel('Meses')
ylabel('Temp Normalizado')
title('Temperatura x Incêndios')
corrcoef(x,dados)

```

APÊNDICE B – RELAÇÃO DO CIOPS ÍNDICE DE PRESSÃO

```

% TRANSFORMA DADOS HORÁRIOS EM MENSAIS,
clear all
clc
% PRESSAO_2016
load SLZ_2016_pressao.txt
%encontra a média mensal dos dados
v=max(SLZ_2016_pressao(:,2));
dados=zeros(1,v);
for i=1:v
    linhas=find(SLZ_2016_pressao(:,2)==i);
    dados(i)=mean(SLZ_2016_pressao(linhas,5));
end

%normaliza os vetores de número de incendios e temperatura
dados=dados/max(dados);
load DADOS_CIOPS.txt;
x=DADOS_CIOPS(1,2:end)/max(max(DADOS_CIOPS(:,2:end)));
%plota os valores normalizados
plot(dados)
axis([1 12 0 1.2])
hold on
plot(x)
grid on
legend('Pressao 2016 ', 'Incêndios')
xlabel('meses')
ylabel('valor normalizado')
%calculates the linear coeficientes
corrcoef(x,dados)

```

APÊNDICE C – RELAÇÃO DO CIOPS COM ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO

```

% TRANSFORMA DADOS HORÁRIOS EM MENSAIS,
clear all
clc

load slz_2016_pluvi.txt
%encontra a média mensal dos dados
v=max(slz_2016_pluvi(:,2));
dados=zeros(1,v);
for i=1:v
    linhas=find(slz_2016_pluvi(:,2)==i);
    dados(i)=mean(slz_2016_pluvi(linhas,5));
end

%normaliza os vetores de número de incendios e temperatura
dados=dados/max(dados);
load DADOS_CIOPS.txt;
x=DADOS_CIOPS(1,2:end)/max(max(DADOS_CIOPS(:,2:end)));
%plota os valores normalizados
plot(dados)
axis([1 12 0 1.2])
hold on
plot(x)
grid on
legend('chuvas ', 'Incêndios')
xlabel('meses')
ylabel('valor normalizado')
%calculates the linear coeficientes
corrcoef(x,dados)

```

APÊNDICE D – RELAÇÃO DO CIOPS COM ÍNDICE DE UMIDADE

```

% TRANSFORMA DADOS HORARIOS EM MENSAIS,
clear all
clc

load slz_2016_umidade.txt
%encontra a média mensal dos dados
v=max(slz_2016_umidade(:,2));
dados=zeros(1,v);
for i=1:v
    linhas=find(slz_2016_umidade(:,2)==i);
    dados(i)=mean(slz_2016_umidade(linhas,5));
end

%normaliza os vetores de número de incendios e temperatura
dados=dados/max(dados);
load DADOS_CIOPS.txt;
x=DADOS_CIOPS(2,2:end)/max(max(DADOS_CIOPS(:,2:end)));
%plota os valores normalizados
plot(dados)
axis([1 12 0 1.2])
hold on
plot(x)
grid on
title('Relação entre Umidade e Incêndios 2016')
legend('Umidade ', 'Incêndios')
xlabel('meses')
ylabel('valor normalizado umid')
corrcoef(x,dados)

```