



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Jamile Costa do Nascimento

**PROPOSTAS DE OTIMIZAÇÃO DA LOGÍSTICA DO
SERVIÇO DE ATENDIMENTO MÓVEL DE URGÊNCIA –
SAMU JUAZEIRO-BA**

Juazeiro - BA
2013

Jamile Costa do Nascimento

**PROPOSTAS DE OTIMIZAÇÃO DA LOGÍSTICA DO
SERVIÇO DE ATENDIMENTO MÓVEL DE URGÊNCIA –
SAMU JUAZEIRO-BA**

Trabalho apresentada à
Universidade Federal do Vale do São
Francisco – UNIVASF, Campus Juazeiro –
BA, como requisito parcial para obtenção
de Título de Engenheiro de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Paulo César
Rodrigues de Lima Júnior

Juazeiro – BA
2013

N244p Nascimento, Jamile C. do
Proposta de otimização da logística do serviço de atendimento móvel de urgência – SAMU Juazeiro-Ba / Jamile Costa do Nascimento. – – Petrolina, 2013.
81 f.: il.; 29 cm.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia da Produção) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro, Juazeiro-BA, 2013.

Orientador: prof. Dr. Paulo César Rodrigues de Lima Júnior.

Referências.

1. SAMU – Roteirização 2. Emergências Médicas - Logística - Juazeiro-BA. 3. Geoprocessamento - Sistema de Informação Geográfica. I. Título II. Lima Junior, Paulo César R. III. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 616.025

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Biblioteca SIBI/UNIVASF
Bibliotecário (a): Maria Betânia de Santana da Silva CRB4-1747.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

FOLHA DE APROVAÇÃO
Para TCC

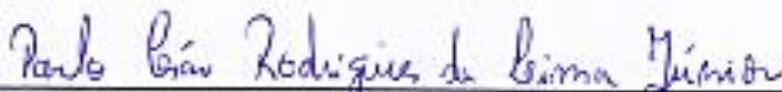
Jamile Costa do Nascimento

PROPOSTAS DE OTIMIZAÇÃO DA LOGÍSTICA DO SERVIÇO DE
ATENDIMENTO MÓVEL DE URGÊNCIA – SAMU JUAZEIRO-BA

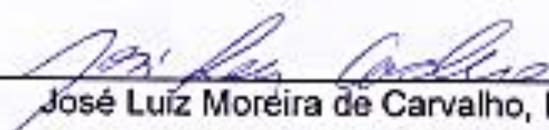
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial para obtenção do título
de Engenheira de Produção, pela
Universidade Federal do Vale do São
Francisco.

Aprovado em: 04 de outubro de 2013.

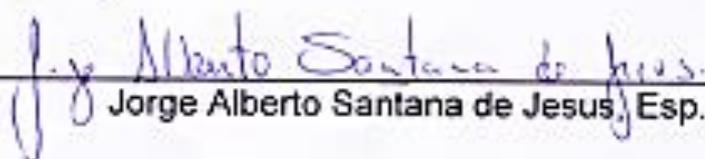
Banca Examinadora



Paulo César Rodrigues de Lima Junior, Dr. - UNIVASF



José Luiz Moreira de Carvalho, Dr. - UNIVASF



Jorge Alberto Santana de Jesus, Esp. - FACAPE

Dedico este trabalho em especial ao meu Deus e a minha Mãe Valdeci.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus, pela força e coragem durante toda esta longa caminhada, pela sabedoria concedida para elaboração e realização de todas as atividades desenvolvidas nesses 5 anos e pelo consolo em dias de dificuldades.

Agradeço também a todos os professores que me acompanharam durante a graduação, em especial ao Prof. o Dr. José Luiz Moreira de Carvalho, à Prof.^a Ms. Ana Cristina Gonçalves Castro Silva, pelo aprendizado proporcionado.

Dedico esta, bem como todas as minhas demais conquistas, aos meus amados pais, Valdeci e Elimario. Mãe, sabe que hoje estamos colhendo, juntas, os frutos do nosso empenho, muito obrigada por todas as orientações e dicas.

Ao meu irmão Diogo Costa e ao meu noivo Ivan Ferraz. Obrigada a vocês pela paciência, pelo incentivo, pela força e principalmente pelo carinho. Valeu a pena toda distância, todo sofrimento, todas as renúncias... Valeu a pena esperar...

Em especial quero agradecer ao meu Prof. Paulo César, meu orientador, pela paciência, dedicação e incentivo que tornaram possível a conclusão deste trabalho.

Aos meus amigos conquistados na universidade, Emanuela, Targieli, Maria Augusta, Malu, Joyce, Clovis (meu vizinho querido), Leandro, Amanda, Gabriella, Patrícia, Maria Eugenia, e, enfim a todos os demais. Vocês são maravilhosos, obrigada pelo convívio diário, pelas alegrias, tristezas e dores compartilhadas, por me ajudar a enfrentar as dificuldades, pelos incentivos. Com vocês, as pausas entre um parágrafo e outro de produção melhorou tudo o que tenho produzido na vida.

Aos meus amigos conquistados no estágio, Ailson (obrigada por todos as correções e orientação), Ilbetânia, Auxiliadora, Platini e Prof. Cordeiro, meus risos com você foram os mais especiais.

À comunidade da Igreja Assembleia de Deus, pois foi nesse meio que aprendi o valor da minha fé, da reflexão, e a importância de agradecer por tudo que vivemos, pois por trás de cada sofrimento e cada vitória há um aprendizado importante para nosso crescimento como servos do Senhor e como pessoas.

A todos aqueles que de alguma forma estiveram e estão próximos de mim, fazendo esta vida valer cada vez mais a pena.

RESUMO

A logística está evidente na prestação de diversos tipos de serviços, tendo como fator essencial a otimização dos recursos disponíveis, visando à redução do tempo de atendimento ao cliente e maximizando o lucro. Dentro dessa temática, a distribuição física possui papel estratégico, tendo como item de maior importância o transporte, nesse sentido a tomada de decisão envolve diversas atividades, entre elas a roteirização. O presente trabalho teve como objetivo principal, analisar a prestação de serviços do SAMU, identificando as possíveis melhorias, mediante o uso do software *ArcGIS® v10* como ferramenta de auxílio a análise dos cenários de otimização. Inicialmente criando a malha viária da cidade de Juazeiro, item essencial para a realização das apreciações posteriores. Analisando o banco de dados do SAMU, foi possível identificar os motivos mais recorrentes dos chamados, interligando aos bairros correspondentes, permitindo diagnósticos no *ArcGIS®*. Simulando um ponto ótimo para localização do Central de Regulação, foi possível averiguar que a mesma encontra-se em um local viável, para maximização do alcance das ambulâncias. Com a análise da área de cobertura, a partir da identificação de um ponto específico, foi possível formar uma rede incluindo bairros e ruas, que permitiram o alcance do maior número de pessoas dentro de um espaço de tempo determinado de 0 a 5 minutos. A ferramenta *Network Analyst* do Sistema de Informação Geográfica, permitiu o estudo de dois cenários para a localização da central de atendimento e da localização estratégica de ambulâncias em bairros da cidade de Juazeiro-BA, resultando na redução do tempo de atendimento as chamadas.

Palavras-chaves: Distribuição. Roteirização. Logística. Geoprocessamento. SAMU.

ABSTRACT

The Logistics is clear in providing various types of services, having the optimization of available resources as key factor, seeking the time reduction on customer service and consequent profit maximization. Within this theme, the physical distribution has a strategic role, having the transport as the most important item; based on that, the decision making involves several activities, including the routing. This study aimed to analyze the SAMU service, identifying possible improvements through the use of the software ArcGIS ® v10 as a tool to aid the analysis of optimization scenarios. It has been initially created the road network of the city of Juazeiro, essential item for the production of assessments later. By the analysis of the SAMU's database, it was possible to identify the most repeated reasons for the calls, integrated to the correspondent neighborhood, allowing diagnostics with the ArcGIS®. Simulating an optimum spot to the position of the Regulation Centre was enough to verify that it is well located for the ambulance's range to be maximized. By the analysis of the coverage zone, from the identification of a specific point, a network could be created including neighborhoods and streets, therefore allowing the biggest number of people of being reached in a certain period of time within 5 minutes. With the tool called Network Analyst of the System of Geographic Information, two settings could be studied for the localization of the call Center and the strategical position of ambulances in the neighborhoods of the city Juazeiro-BA, resulting in the reduction of the answering's time. The Network Analyst tool of the Geographic Information System has allowed the study of two scenarios for the location of the call center and strategic location of ambulances in neighborhoods in the city of Juazeiro-BA, resulting in reduced time service calls.

Keywords: Distribution. Routing. Logistics. GIS. SAMU.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Modelo de atendimento do SAMU da França | 22 |
| Figura 2 - Sistemática do Serviço de Atendimento Móvel de Urgência | 28 |
| Figura 3 - Escopo da Logística empresarial | 31 |
| Figura 4 - Roteiro simples (12 clientes) num bolsão de distribuição..... | 36 |
| Figura 5 - Método de varredura: evolução..... | 39 |
| Figura 6 - Integrando dois clientes num roteiro compartilhado | 40 |
| Figura 7 - Conjunto de Tecnologias Relacionadas ao Geoprocessamento..... | 42 |
| Figura 8 - Arquitetura de sistemas de informação geográfica | 46 |
| Figura 9 - Configuração básica de um SIG..... | 48 |
| Figura 10 - Detalhe dos eixos no mapa de Juazeiro com as ruas e bairros | 55 |
| Figura 11 - Camada de polígonos identificando os bairros | 56 |
| Figura 12 - Demonstrativo do número de chamadas (mar/2009 – ago/2013) | 58 |
| Figura 13 - Registro dos bairros de Juazeiro-BA segundo o SAMU..... | 59 |
| Figura 14 - Distribuição de tipos de ocorrência (mar/2009 – ago/2013) | 60 |
| Figura 15 - Distribuição dos motivos de chamado (mar/2009 – ago./2013) | 62 |
| Figura 16 - Motivos de chamados mais recorrentes..... | 62 |
| Figura 17 - Localização da sede do SAMU e dos hospitais públicos | 63 |
| Figura 18 - Rotas de resgate gerada no bairro Pedra do Lord, apresentada com auxílio do <i>ArcGIS®</i> | 65 |
| Figura 19 - Área de cobertura a 70km/h, representação no <i>ArcGIS®</i> | 67 |
| Figura 20 - Área de cobertura a 35 km/h, representação no <i>ArcGIS®</i> | 68 |
| Figura 21 - Área de cobertura com ambulâncias em um ponto estratégicos..... | 70 |
| Figura 22 - Área de cobertura com ambulâncias em dois pontos estratégicos | 71 |
| Figura 23 - Área de cobertura com ambulâncias em três pontos estratégicos | 72 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|-----------|
| Quadro 1 - Nível de decisões | 33 |
|---|-----------|

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- ABEPRO – Associação Brasileira de Engenharia de Produção
- APH – Atendimento Pré-Hospitalar
- ASLOG – Associação Brasileira de Logística
- CAD – *Computer-Aided Design* (Desenho Assistido por Computador)
- CD – Centro de Distribuição
- DANT – Doenças e Agravos Não Transmissíveis
- ERSI – *Environmental Systems Research Institute* (Instituto de Investigação em Sistemas Ambientais).
- GPS – Sistema de Posicionamento Global
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia
- IPEA – Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas
- IPTU – Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana
- MDT – Modelos Digitais de Terrenos
- MNT – Modelo Numérico de Terreno
- PDI – Programa Digital de Imagem
- PVC – Problema do Caixeiro Viajante
- SGBD – Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados
- SIG – Sistema de Informação Geográfica
- SUS – Sistema Único de Saúde
- TARM – Técnico Auxiliar de Regulação Médica
- USA – Unidade de Suporte Avançado
- USB – Unidade de Suporte Básico
- UTI – Unidade Terapêutica Intensiva
- TOC – Transtorno Obsessivo-Compulsivo
- DIP – Doença Inflamatória Pélvica
- DHEG – Doença Hipertensiva Específica da Gravidez

SUMÁRIO

| | | |
|------------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 14 |
| 1.1 | Definição do Problema | 16 |
| 1.2 | Objetivos | 17 |
| 1.2.1 | <i>Geral.....</i> | 17 |
| 1.2.2 | <i>Específicos</i> | 17 |
| 1.3 | Justificativa | 18 |
| 1.4 | Estrutura do Trabalho | 19 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 21 |
| 2.1 | Caracterização do SAMU | 21 |
| 2.1.1 | <i>Histórico no Brasil.....</i> | 21 |
| 2.1.2 | <i>Funcionamento do SAMU.....</i> | 24 |
| 2.2 | Logística | 29 |
| 2.2.1 | <i>Distribuição Física</i> | 31 |
| 2.2.2 | <i>Roteirização.....</i> | 34 |
| 2.3 | Geoprocessamento | 42 |
| 2.3.1 | <i>Histórico do Geoprocessamento.....</i> | 44 |
| 2.3.2 | <i>Sistema de Informação Geográfica - SIG</i> | 46 |
| 2.3.3 | <i>ArcGIS®.....</i> | 49 |
| 3 | METODOLOGIA..... | 51 |
| 3.1 | Finalidade da Pesquisa | 51 |
| 3.2 | Tipologia da Pesquisa | 52 |
| 3.3 | Delineamento da pesquisa..... | 53 |
| 3.3.1 | <i>Software Utilizado.....</i> | 53 |
| 3.3.2 | <i>Coleta de dados na Prefeitura de Juazeiro/BA</i> | 54 |
| 3.3.3 | <i>Coleta de dados no SAMU</i> | 56 |
| 3.3.4 | <i>Tratamento e Análise de dados</i> | 59 |
| 4 | ANÁLISE DE RESULTADOS | 64 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 4.1 | Roteirização | 64 |
| 4.2 | Área de cobertura | 66 |
| 4.3 | Determinação da localização em função dos chamados | 69 |
| 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 73 |
| 5.1 | Conclusões | 73 |
| 5.2 | Recomendações | 74 |
| | REFERÊNCIAS..... | 76 |

1 INTRODUÇÃO

No início do século XX, as Doenças Infecciosas Transmissíveis eram as mais frequentes causas de mortes no nosso país. Entretanto, a partir dos anos 60, com o advento da vida moderna, as Doenças e Agravos Não Transmissíveis (DANT), ganharam maiores proporções (IBGE, 2009). Segundo pesquisas, entre os fatores que contribuíram para essa transição epidemiológica estão: o processo de transição demográfica, com queda nas taxas de fecundidade e natalidade e um progressivo aumento na proporção de idosos, favorecendo o aumento das doenças crônico-degenerativas e a transição nutricional, com diminuição expressiva da desnutrição e aumento do número de pessoas com excesso de peso (IBGE, 2006).

Soma-se a isso o aumento dos traumas decorrentes das causas externas, que se configuram como um problema para a saúde pública: tais como o alto índice de acidentes, violência e expansão urbana fora de controle. Com relação aos altos índices de acidentes, estes derivam do crescimento rápido dos meios de transportes motorizados. Estudos desenvolvidos na área de trânsito comprovam que, a cada 22 minutos morre uma pessoa em acidente de trânsito, a cada 07 minutos ocorre um atropelamento e a cada 57 segundos é registrado um acidente de trânsito (IPEA, 2009). Já no agravamento da violência, os fatores são de ordem interpessoal, homicídio, urbano e doméstico (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013). Quanto à expansão urbana fora de controle, sua origem está nas falhas da organização física das cidades, ocasionada pela falta de planejamento e pelo desordenado e acelerado processo de urbanização brasileiro.

Estimativas apontam que muitos óbitos associados aos motivadores acima citados poderiam ser evitados se houvesse atendimento médico no instante após a ocorrência do evento, isto minimizaria os danos causados à saúde física e mental das vítimas. Essa demanda exige dos órgãos públicos maior percepção na oferta dos serviços destinados ao atendimento de urgências e emergências.

Entre todos os problemas apresentados, a área de urgência e emergência é reconhecida como componente essencial da assistência à saúde. Apesar de todos os benefícios que essa atividade promove, é perceptível a necessidade de ordenação do atendimento às Urgências e Emergências, com objetivo de melhoraria e expansão do sistema de atendimento pré-hospitalar.

Levando-se em conta a relevância desta área de atendimento, foi instituído os princípios técnicos dos Sistemas Estaduais de Urgência e Emergência em 5 de novembro de 2002 mediante a portaria n.º 2048/GM. A demanda por este serviço, nos últimos anos tem crescido, devido à expansão dos serviços públicos e privados de atendimento pré-hospitalar móvel, do transporte inter-hospitalar e da necessidade de integrar estes serviços à lógica dos sistemas de urgência, com processo de regulação médica e uma equipe de saúde qualificada para as especificidades dos atendimentos (PORTARIA 2048/GM).

O componente pré-hospitalar móvel foi instituído no Brasil por meio da Portaria nº 1864 em 29 de setembro de 2003, com a implantação do Serviço de Atendimento Móvel de Urgências (SAMU), em municípios e regiões de todo o território brasileiro.

O SAMU tem por missão zelar de forma integral da saúde local, garantindo socorro à população nos casos de emergências e urgências médicas, tendo como meta principal preservar a vida e impedir o agravamento do problema. Trata-se de um serviço de saúde gratuito, que atende 24 horas. Todo o trabalho, desde o recebimento da chamada até o atendimento e transporte do paciente, é realizado em equipe onde cada colaborador é responsável pelo outro (Portaria nº 1864 de 29 de setembro de 2003).

A atividade médica de urgência e emergência configura-se como um serviço essencial para a garantia da qualidade de vida dos seus usuários. Por essa razão, deve-se levar em consideração a localização estratégica de sua base, para melhor atendimento das chamadas, minimizando assim, o tempo de deslocamento à zona de atendimento, reduzindo os agravos à saúde e o risco das urgências, além dos gastos desnecessários nos percursos.

Nesse sentido, tem-se o geoprocessamento como disciplina de conhecimento empregada para processamento informatizado de dados georeferenciados tais como: análise de rotas de ônibus, coleta de lixo, estudos de patrimônios turísticos, determinação de padrões de distribuição de criminalidade e muitos outros fenômenos passíveis de georeferenciamento (OLIVEIRA, 2008).

O presente estudo avaliará o Serviço de Atendimento Móvel de Urgência – SAMU/Juazeiro, por meio de técnicas de geoprocessamento, com auxílio do *software ArcGIS®* e conceitos da Logística e da Pesquisa Operacional, a fim de

propor melhorias, colaborando para aumentar a eficiência dos atendimentos, seja reduzindo o tempo de resposta para esses atendimentos ou maximizando a área de atuação do serviço de atendimento móvel de urgência da cidade de Juazeiro-BA.

1.1 Definição do Problema

De acordo com Cunha (2000), o termo “roteirização de veículos”, embora não encontrado nos dicionários de língua portuguesa (do inglês *routing* ou *routeing*), tem sido utilizado para designar o processo de determinação de um ou mais roteiros ou sequências de paradas a serem cumpridas por veículos de uma frota, buscando visitar um conjunto de pontos geograficamente dispersos, em locais pré-determinados, e que necessitam de atendimento.

A roteirização determina a rota que cada veículo deverá percorrer para melhoria do processo de entrega/coleta de produtos, na busca por reduzir os custos (financeiro, tempo) ao mínimo possível. É um clássico exemplo de um problema de otimização na cadeia de suprimentos (OLIVEIRA, 2009).

A utilização de sistemas de roteirização na resolução de problemas reais relacionados à distribuição física, especialmente nos casos onde há inclusão e exclusão de novos clientes e pontos de atendimento com variação constante, apresenta a dificuldade de georeferenciamento destes pontos e sua associação à rede viária a ser utilizada para os deslocamentos entre eles (ROSSETTO, 2009).

O SAMU é um serviço com características semelhantes às acima descritas. De acordo com Oliveira (2008), o SAMU, por sua natureza, necessita de localização estratégica, para que o atendimento às ocorrências seja otimizado, reduzindo o tempo de deslocamento ao local da chamada, buscando minimizar o risco de urgência e os gastos nos percursos.

A coordenação do serviço de saúde no atendimento de urgências e emergências por meio móvel, assegura o acolhimento, em primeira instância, a atenção qualificada e resolutiva para as urgências e emergências, estabilizando o quadro dos pacientes, garantindo a saúde física das vítimas, no que tange à minimização de sequelas e principalmente o salvamento das mesmas (PORTARIA, 2048/GM).

É importante frisar que o processo de roteirização do SAMU no Brasil é realizado de forma empírica. O condutor recebe informações via rádio e em seguida desloca-se para o local de atendimento, ficando responsável por meio da experiência diária, de escolher o melhor percurso a ser seguido (CARVALHO NETO, 2008).

Neste contexto, surge a necessidade de aplicação de uma ferramenta que funcione como base de orientação, para auxiliar no planejamento e operação do SAMU, na busca por melhor definir uma operação mais eficaz para o socorro às vítimas.

Os avanços tecnológicos disponibilizam recursos na área de Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), tais como ferramenta e *software* para geoprocessamento, que por meio de métodos matemáticos e computacionais demonstram possibilidades de rotas ao longo dos percursos, integrando dados de diversas fontes em bancos de dados georeferenciados.

Diante do exposto, define-se o seguinte problema a ser tratado:

Como otimizar o Serviço de Atendimento Móvel de Urgência – SAMU, de modo a proporcionar melhorias ao serviço prestado à cidade de Juazeiro-BA, a partir da utilização de um *software* de geoprocessamento, fundamentando-se em conceitos da Logística e da Pesquisa Operacional?

1.2 Objetivos

1.2.1 Geral

Elaborar proposta de melhoria para o Serviço de Atendimento Móvel de Urgência – SAMU, mediante a utilização do Sistema de Informações Geográficas, por meio de *software*, visando minimizar o seu tempo de atendimento.

1.2.2 Específicos

1. Analisar como ocorrem os principais chamados e quais as variáveis que os influenciam no SAMU/Juazeiro.

2. Preparar uma base de dados georeferenciada voltada para o caso de estudo do SAMU na cidade de Juazeiro-BA;
3. Elaborar cenários que contemplem propostas de melhoria para o serviço prestado pelo SAMU.

1.3 Justificativa

O SAMU/192 criado em 2003, faz parte da Política Nacional de Atenção a Urgências, e tem ajudado os gestores a organizar o atendimento na rede pública prestando socorro à população em casos de emergência médica. O uso desse serviço tem auxiliado o governo federal a reduzir o número de óbitos, o tempo de internação em hospitais e as sequelas decorrentes da falta de socorro precoce. O SAMU tem como finalidade proteger a vida das pessoas e garantir a qualidade no atendimento em tempo real no Sistema Único de Saúde - SUS (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013).

Tendo em vista a importância do serviço prestado pelo SAMU/192, e sendo a agilidade no tempo de atendimento fator decisivo para alteração do quadro do paciente em fração de segundo, tanto para preservação, quanto para a perda da vida, é imprescindível desenvolver um modelo de simulação de base georeferenciada que auxilie de forma segura as operações de resgate do SAMU de Juazeiro - Bahia, além de suscitar resultados positivos no desempenho (tempo de resposta e espera no atendimento) rotineiramente utilizado pelos usuários que necessitam desse tipo de serviço.

Nesse sentido, a inserção da logística como um dos campos de estudo para esse fim, é de grande relevância, uma vez que o seu objetivo é administrar o tempo, os custos, as informações e a disponibilidade de bens e serviços desde a aquisição de matéria-prima até o consumo final, com o propósito de atender às exigências dos clientes, garantindo resultados positivos no que tange à lucratividade ou eficácia das empresas em termos de redução de custos (BALLOU, 2006).

Desse modo, a eficiência e eficácia na prestação de serviço de atendimento, do ponto de vista do transporte e da logística, dependem de um adequado processo de planejamento em nível estratégico, tático e operacional, para decisões quanto à

localização de bases fixas e localização dinâmica de ambulâncias; quantitativos de veículos, por tipo; seleção e despacho de veículos; como e onde redirecionar recursos (DESTRI JUNIOR e VALENTE, 2005).

Partindo desse princípio, compreender a roteirização como elemento de base para estudos de localização e transporte na sub-área da logística de distribuição, representa uma alternativa para a melhoria no nível de serviço prestado. A realização do transporte relaciona-se com a contribuição da área de Pesquisa Operacional, buscando alcançar melhorias nesta etapa.

De acordo com a ABEPRO (2008), tanto a *logística* quanto a *pesquisa operacional*, são áreas da Engenharia de Produção. A primeira trata da distribuição de produtos e serviços, buscando o menor custo possível, e a segunda, utiliza-se de métodos científicos e modelos computacionais para resolução de tomadas de decisão e avaliação de alternativas para otimização das atividades e recursos. Dessa forma, essa abordagem, subsidiará na compreensão e desenvolvimento do trabalho de pesquisa.

Vale destacar ainda que a escolha do tema para discorrer sobre o contexto de realização da monografia atende também a um princípio defendido pela Universidade enquanto instituição comprometida não apenas com atividades de ensino e pesquisa mas, sobretudo com atividades de extensão. Essa orientação tem suas bases no Fórum de Pró-Reitores das Universidades Públicas Brasileiras, através do Plano Nacional de Extensão, o qual afirma, que “é o processo interdisciplinar, educativo, cultural e científico que promove a interação transformadora entre Universidade e outros setores da sociedade”.

1.4 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho está dividido em 05 capítulos.

O Capítulo 01 refere-se à Introdução que dispõe de informações básicas como: o problema, a apresentação dos objetivos gerais e específicos que norteiam a pesquisa, procurando delimitar de maneira transparente o seu escopo. Também discorre sobre a justificativa da escolha do tema a ser estudado.

No Capítulo 02 apresenta a revisão bibliográfica que fundamentou a pesquisa, além de discorrer sobre os conceitos trabalhados, como: urgências, emergências,

Serviço de Atendimento Móvel e Urgência - SAMU, informações acerca da cidade de Juazeiro, temas de Logística Empresarial em seu campo de Distribuição Física, Roteirização, Geoprocessamento, Sistema de Informações Geográficas e *Software ArcGIS® v10*.

O Capítulo 03 trata da descrição do referencial metodológico utilizado na coleta de dados e interpretação dos mesmos, utilizados como contribuições na abordagem do tema e solução do problema proposto.

No Capítulo 04 são apresentadas as análises e resultados obtidos por meio da simulação de cenários, na realização de cada uma das atividades propostas na pesquisa.

Por fim, o Capítulo 05 traz as conclusões da pesquisa, além de recomendações para futuros trabalhos na área de estudo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, serão apresentados os principais conceitos que respaldam e inter-relacionam-se com o tema deste trabalho, a fim de permitir maior compreensão dos assuntos correlatos.

A princípio, será feita uma abordagem dos conceitos relevantes a respeito do SAMU, suas finalidades e como se processa o atendimento do serviço prestado pelo mesmo. Posteriormente, serão tratados conceitos a respeito da Logística empresarial, da Distribuição Física e da Roteirização.

No subitem seguinte, serão tratadas características, conceitos e aplicações dos Geoprocessamento e o Sistema de Informação Geográfica – SIG. Por fim, será feita uma abordagem a respeito da utilização do software *ArcGIS®*, como ferramenta de auxílio ao processo de roteirização.

2.1 Caracterização do SAMU

2.1.1 Histórico no Brasil

No Brasil, o SAMU iniciou-se por meio de acordo bilateral entre o Ministério da Saúde e o Ministério dos Assuntos Estrangeiros na França na década de 90. O modelo de atendimento pré-hospitalar escolhido pelo Ministério da Saúde no país foi o modelo francês adaptado à situação brasileira, composto por viaturas de suporte avançado, que possuem obrigatoriamente a presença de médicos ver Figura 1 (LOPES e FERNANDES,1999).

Inicialmente o sistema estava integrado ao Resgate do Corpo de Bombeiros. Por este não caracterizar-se como instituição de saúde, foram encontrados obstáculos e limitações quanto das responsabilidades moral, ética, penal, civil e limitações do conhecimento científico. Mediante essas limitações tornou-se inviável o corpo de bombeiros assumir a atribuição de assistência pré-hospitalar, passando atuar como suporte básico a saúde. Almejando garantir um atendimento de qualidade para os pacientes vítimas de emergências clínicas e traumáticas, foi criado o serviço pré-hospitalar móvel (MACHADO, 2007).

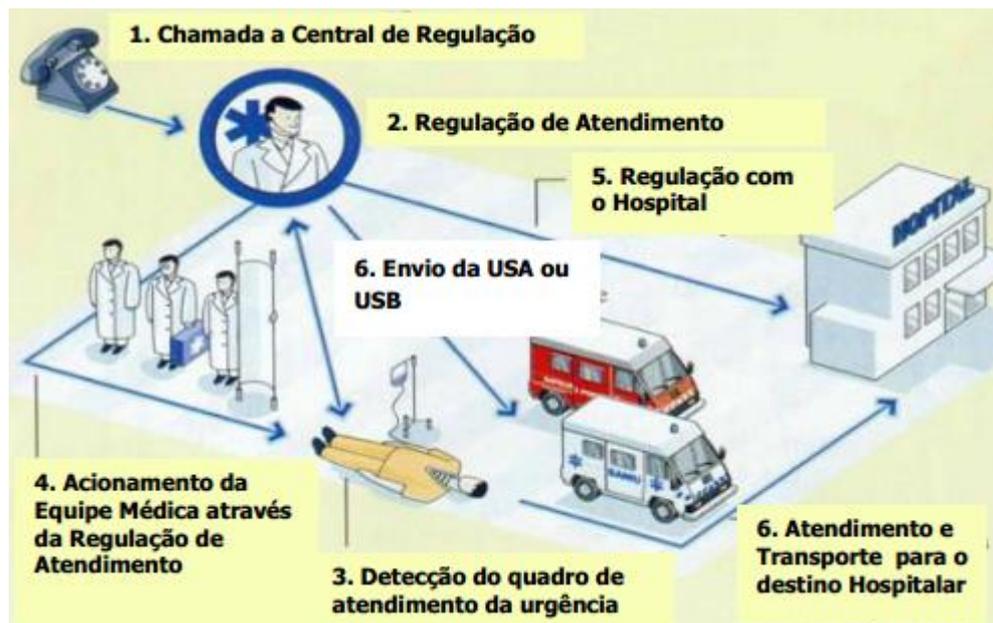


Figura 1 - Modelo de atendimento do SAMU da França

Fonte: Carvalho Neto (2008, p.47)

O primeiro SAMU foi criado em Campinas-SP, chefiado por um capitão médico francês, com influências do sistema americano, buscando adaptá-lo ao sistema local. Em 1994, foi desencadeado o processo de planejamento do serviço, impulsionado pela política da Secretaria de estado que previa a estruturação do Sistema de Urgência no Estado. O SAMU 192 foi oficialmente inaugurado, em junho de 1996 coordenado por José Roberto Hansen (MACHADO, 2007).

O SAMU pode ser compreendido como um sistema regionalizado e hierarquizado, que possui a capacidade de atender, dentro da região delimitada, os enfermos, feridos e/ou parturientes em situação de urgência ou emergência como também transportá-los com segurança e acompanhados de profissionais da saúde até o nível hospitalar do sistema. Além de exercer a função de intermediar, através da central de regulação médica das urgências, as transferências inter-hospitalares de pacientes graves, promovendo a ativação das equipes apropriadas e a transferência do paciente (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013).

Em 05 de novembro de 2002, a partir da Portaria n.º 2048, foram instituídas as atribuições da regulação dos Sistemas Estaduais de Urgência e Emergência, tratando basicamente de princípios, diretrizes, normas e critérios para o funcionamento, classificação e cadastramento de serviços. Foram ainda

estabelecidos critérios de atendimento pré-hospitalar fixo e móvel, atendimento hospitalar, proposição de grades curriculares para capacitação dos profissionais da área, e dos demais recursos necessários para o funcionamento desses serviços.

Em 2003, O governo Federal instituiu a Política Nacional de Atenção às Urgências para todo o Brasil, através da portaria nº. 1863/GM de 29 de setembro de 2003. Esta portaria determinou o financiamento para investimento e custeio do componente pré-hospitalar móvel, visando à implantação do serviço em municípios e regiões de todo o território brasileiro.

De acordo com a Portaria nº. 1.010 do Ministério da Saúde, os incentivos financeiros de investimento (em parcela única) para construção de novas Centrais de Regulação das Urgências do Componente SAMU 192 ou para ampliação daquelas já existentes, são dispostos da seguinte forma:

- Municípios com até 350.000 (trezentos e cinquenta mil) habitantes - R\$ 100.000,00 (cem mil reais);
- Municípios com 350.001 (trezentos e cinquenta mil e um) a 1.500.000 (um milhão e quinhentos mil) habitantes - R\$ 150.000,00 (cento e cinquenta mil reais);
- Municípios com 1.500.001 (um milhão, quinhentos mil e um) a 4.000.000 (quatro milhões) habitantes - R\$ 175.000,00 (cento e setenta e cinco mil reais);
- Municípios com população a partir de 4.000.001 (quatro milhões e um) habitantes - R\$ 200.000,00 (duzentos mil reais).

É válido salientar que o incentivo não pode ser utilizado para construção ou ampliação de Centrais de Regulação das Urgências situadas em imóveis locados.

Já em 1º de junho de 2011, estabeleceu-se pela Portaria nº 814 o conceito geral, os princípios e as diretrizes da Regulação Médica das Urgências e revogando a Portaria nº 824, de 24 de junho de 1999. Foi aprovada nesta portaria, a normatização do Atendimento Pré-Hospitalar (APH), em virtude da real necessidade de normas relativas a esse serviço no Brasil. Foram também estabelecido, posicionamentos quanto à carência da definição, perfil e competências dos profissionais, normas para veículos e transporte inter-hospitalar de pacientes e

descrição do conteúdo curricular dos trabalhadores do atendimento pré-hospitalar móvel.

2.1.2 Funcionamento do SAMU

O SAMU foi criado com a finalidade de possibilitar às vítimas de acidentes graves, maiores chances de sobrevivência, redução de sequelas e o transporte seguro até o local de atendimento de saúde mais adequado para continuidade do tratamento. Este compreende-se como principal componente da Política Nacional de Atenção às urgências (MACHADO, 2007).

As centrais de Serviço de Atendimento Médico de Urgência de abrangência municipal, micro ou macrorregional, devem prever acesso dos usuários por mediação do número de telefone 192, exclusivo para as urgências médicas, além de disponibilizar profissionais de saúde, em qualquer nível do sistema, funcionando como importante “porta de entrada” do sistema de saúde (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

O serviço médico móvel brasileiro utilizado em casos de emergência, funcionando 24 horas por dia com equipes de profissionais de saúde alocados em Centrais de Regulação definidas como:

Estrutura física, constituída por profissionais (médicos, telefonistas auxiliares de regulação médica e rádios operadores) capacitados em regulação dos chamados telefônicos que demandam orientação e/ou atendimento de urgência, por meio de uma classificação e priorização das necessidades de assistência em urgência, além de ordenar o fluxo efetivo das referências e contra referências dentro de uma Rede de Atenção (PORTARIA Nº. 1.010, 2012, p. 1).

A Urgência e Emergência ¹ enquanto serviço constitui-se em um importante componente de assistência à saúde. Atualmente apresenta-se um crescimento da demanda por serviços nesta área, motivado, sobretudo, pelo aumento do número de acidentes e da violência urbana. A insuficiente estruturação da rede de assistência à

¹ Segundo a Portaria nº. 1.010 do Conselho Federal de Medicina os termos urgência e emergência são definidos como:

Urgência: é a ocorrência imprevista de agravo à saúde com ou sem risco potencial de vida, cujo portador necessita de assistência médica imediata.

Emergência: é a constatação médica de condições de agravo à saúde que impliquem em risco iminente de vida ou sofrimento intenso, exigindo, portanto, tratamento médico imediato.

saúde tem contribuído diretamente para a sobrecarga dos serviços disponibilizados para o atendimento da população (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013).

O atendimento pré-hospitalar móvel na área de urgência busca chegar precocemente à vítima, após ter ocorrido um agravo à sua saúde, sendo necessário o transporte a um serviço de saúde. Este atendimento pode ser classificado como atendimento pré-hospitalar primário quando o pedido de socorro foi realizado por um cidadão, e o serviço de atendimento pré-hospitalar secundário quando a solicitação parte de um serviço de saúde, no qual o paciente já recebeu os primeiros atendimentos, que estabilizam seu quadro de urgência, mas necessita ser conduzido a outro serviço de maior complexidade para a continuidade do tratamento (PORTARIA Nº 2048, 2002).

As Centrais de Regulação possuem um papel indispensável para o resultado positivo do atendimento. Os indicadores utilizados pelo Ministério da Saúde, para o estabelecimento dos níveis de serviço do SAMU no Brasil, são:

- I. Número geral de ocorrências atendidas no período;
- II. Tempo mínimo médio e máximo de resposta;
- III. Identificação dos motivos dos chamados;
- IV. Quantitativo de chamados, orientações médicas, saídas de unidade de suporte avançado (USA) e unidade de suporte básico (USB);
- V. Localização das ocorrências;
- VI. Idade e sexo dos pacientes atendidos;
- VII. Identificação dos dias da semana e horários de maior pico de atendimento;
- VIII. Pacientes (número absoluto e percentual) referenciados aos demais componentes da rede, por tipo de estabelecimento.

2.1.2.1 Finalidades do SAMU

De acordo com o Ministério da Saúde (2013), as finalidades do SAMU são:

- I. Assegurar a escuta médica permanente para as urgências, utilizando número exclusivo e gratuito;
- II. Operacionalizar o sistema regionalizado e hierarquizado de saúde;

- III. Realizar a coordenação, a regulação e a supervisão médica, direta ou à distância, de todos os atendimentos pré-hospitalares;
- IV. Promover a união dos meios médicos próprios do SAMU ao dos serviços de salvamento e resgate do Corpo de Bombeiros, da Polícia Militar, da Polícia Rodoviária, da Defesa Civil ou das Forças Armadas quando se fizer necessário;
- V. Regulamentar as transferências inter-hospitalares de pacientes graves internados pelo Sistema Único de Saúde (SUS) no âmbito macrorregional e estadual;
- VI. Prover banco de dados e estatísticos, atualizados no que diz respeito a atendimentos de urgência, a dados médicos e a dados de situações de crise e de transferência inter-hospitalar de pacientes graves, bem como de dados administrativos;
- VII. Servir de fonte de pesquisa e extensão a instituições de ensino;
- VIII. Identificar, através do banco de dados da Central de Regulação, ações que precisam ser desencadeadas dentro da própria área da saúde e de outros setores, como trânsito, planejamento urbano, educação dentre outros.

2.1.2.2 Características do SAMU

Conforme a portaria nº 2048 de 05 de novembro de 2002, o atendimento do serviço pré-hospitalar móvel deve ser entendido como uma atribuição da área da saúde, estando vinculado a uma Central de Regulação, composto por uma equipe e uma frota de veículos compatíveis com as necessidades de saúde da população de um município ou uma região onde está instalado. Este serviço necessita contar com uma rede de serviços de saúde, devidamente regulada, disponibilizada conforme critérios de hierarquização e regionalização formalmente pactuados entre os gestores do sistema loco-regional.

O atendimento pré-hospitalar móvel adequado deve estar vinculado a uma Central de Regulação de Urgências e Emergências. A central deve ser de fácil acesso ao público, por via telefônica, em sistema gratuito. É também interligada a

essa Central todos os pedidos de socorro médico que derem entrada por meio de outras centrais, como a da polícia militar (190), do corpo de bombeiros (193) e quaisquer outras existentes, devem ser imediatamente retransmitidos à Central de Regulação por intermédio do sistema de comunicação, para que possam ser adequadamente regulados e atendidos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013).

O atendimento do sistema móvel de urgência pode ser descrito da seguinte forma:

1. A ligação é atendida por Técnico Auxiliar de Regulação Médica (TARM), que identificam a emergência e, imediatamente, transferem o telefonema para o médico regulador;
2. Esse profissional realiza o diagnóstico da situação, dá início ao atendimento no mesmo instante, orientando o paciente, ou a pessoa que fez a chamada, sobre as primeiras ações a serem tomadas;
3. Esse mesmo médico regulador é quem faz a avaliação sobre qual o melhor procedimento para o paciente: orienta a pessoa a procurar um posto de saúde; designa uma ambulância de suporte básico de vida, com auxiliar de enfermagem e socorrista para o atendimento no local; ou, de acordo com a gravidade do caso, envia uma UTI móvel, com médico e enfermeiro;
4. Com poder de autoridade sanitária, o médico regulador comunica a urgência ou emergência aos hospitais públicos e, dessa maneira, reserva leitos para que o atendimento de urgência tenha continuidade.

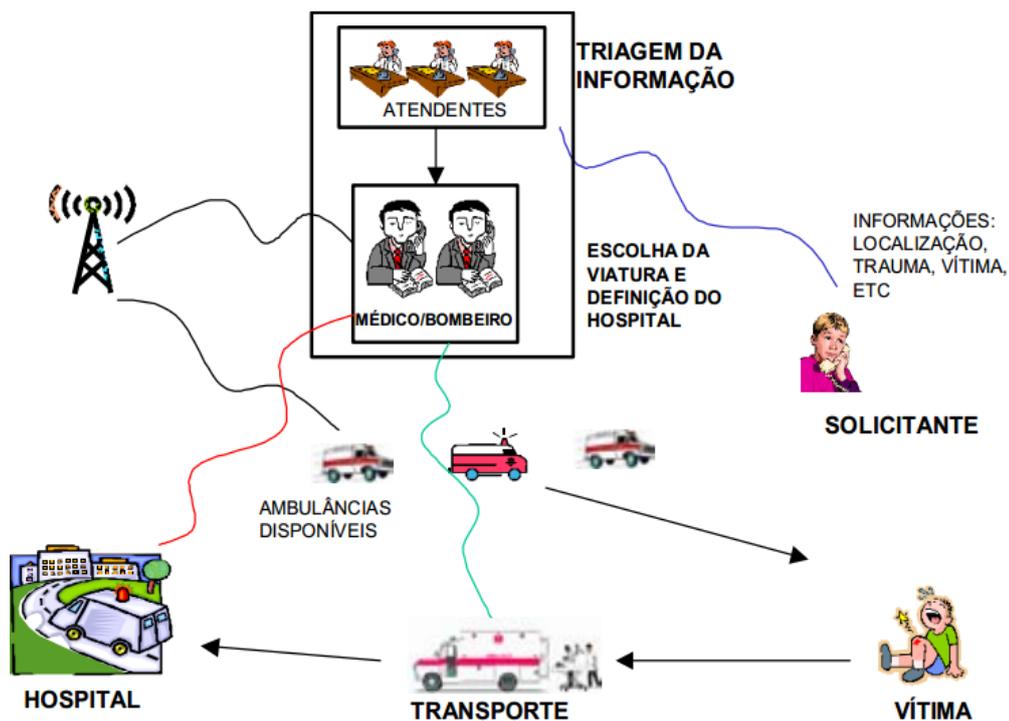


Figura 2 - Sistemática do Serviço de Atendimento Móvel de Urgência

Fonte: Destri Junior e Valente (2005, p. 4527)

Ainda de acordo com o Ministério da Saúde, o SAMU trabalha com o conceito de “vaga zero” para internação, ou seja, busca garantir o atendimento nas urgências, mesmo nas situações em que não existam leitos vagos para a internação de pacientes. Fica a cargo do médico regulador, definir os destinos hospitalares do paciente, rejeitando a hipótese da inexistência de leitos vagos como argumento para o não direcionamento dos pacientes para a hierarquia disponível em termos de serviços de atenção de urgências.

2.1.2.3 SAMU em Juazeiro

Juazeiro é um município do estado da Bahia, localizado à margem direita do Rio São Francisco, no extremo norte da Bahia, na zona do médio e baixo São Francisco. Divisa com o Estado de Pernambuco, ligado à Petrolina pela Ponte Presidente Dutra, construída na década de 50 com extensão de 801 metros sobre o Rio São Francisco.

Com divisão territorial datada de 1988, o município é constituído de 08 distritos: Juazeiro, Abóbora, Carnaíba do Sertão, Itamotinga, Junco, Juremal, Massaroca e Pinhões. Possui uma população de 197.965 habitantes, com área territorial de 6.500,520 km², distribuída em 45 bairros (IBGE, 2010).

Em Juazeiro-BA, a oficialização do serviço do SAMU, ocorreu no dia 3 de março de 2009, ano em que foi inaugurada a central de atendimento, com sede localizada na Rodovia Lomanto Jr., km 04; nº 4; Bairro – Castelo Branco. O serviço de atendimento do SAMU é regional, cobre mais de 08 cidades, atingindo cerca de 532 mil habitantes na região Norte do Estado.

O serviço de atendimento móvel de Juazeiro conta com o auxílio de, 01 motolância, 05 ambulâncias básicas e 02 avançadas, totalizando 07 ambulâncias. Segundo a Portaria nº 2048 (2002), as 05 primeiras destinadas ao atendimento de pacientes que não se classificam com potencial de necessidade de intervenção médica; e as avançadas são veículos destinados ao atendimento e transporte de pacientes que necessitam de cuidados intensivos. De acordo com o Ministério da Saúde, todas são veículos terrestre que destinam-se exclusivamente ao transporte de enfermos.

2.2 Logística

A Logística no seu contexto geral é considerada como uma das mais antigas e essenciais atividades humanas na medida em que sua principal missão é disponibilizar produtos e serviços gerados por uma sociedade, nos locais, no tempo, nas qualidades e nas quantidades em que são necessários aos utilizadores, com o menor custo possível (LEITE, 2009).

O conceito de Logística foi primeiramente utilizado nas operações militares (NOVAES, 2004). Segundo o Dicionário Aurélio, o termo, Logística vem do francês *Logistique*, podendo ser definido como *"a parte da arte da guerra que trata do planejamento e da realização de: projeto e desenvolvimento, obtenção, armazenamento, transporte, distribuição, reparação, manutenção e evacuação de material para fins operativos ou administrativos"*.

Num contexto empresarial, de acordo com a Associação Brasileira de Logística, podemos defini-la como:

- O processo de planejamento, implementação e controle do fluxo e armazenagem eficientes e de baixo custo de matérias primas, estoque em processo, produto acabado e informações relacionadas, desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o objetivo de atender aos requisitos do cliente (ASLOG, 2010).

Das normas do *Council of Logistics Management* (CLM):

- “A logística é o processo de planejamento, implantação e controle do fluxo eficiente e eficaz de mercadorias, serviços e das informações relativas desde o ponto de origem até o ponto de consumo com o propósito de atender às exigências dos clientes” (BALLOU, 2006).

Segundo Novaes (2004), a moderna logística se propõe a incorporar, fatores tais como:

- Prazos previamente acertados e cumpridos integralmente, ao longo de toda cadeia de suprimento;
- Integração efetiva e sistêmica entre todos os setores da empresa;
- Integração efetiva e estreita (parcerias) com fornecedores e clientes;
- Busca da otimização global, envolvendo a racionalização dos processos e a redução de custos em toda a cadeia de suprimentos;
- Satisfação plena do cliente, mantendo um nível de serviço preestabelecido e adequado.

Após anos de evolução, a logística é considerada como elemento chave na estratégia das empresas. A qual, segundo Novaes (2004), agrega valor de lugar, de tempo, de qualidade e de informação à cadeia produtiva, enquanto busca eliminar do processo todas as atividades que não agregam valor para o cliente, tais como aumento de custo e perda de tempo.

Ballou (1993) afirma que em um mercado competitivo, não basta adotar soluções tecnicamente corretas, é preciso buscar por soluções otimizadas em termos de custo eficazes aos objetivos pretendidos na cadeia logística.

Ainda segundo o autor outra definição relevante é a da logística empresarial, entendida como disciplina que aborda as atividades de armazenagem e movimentação, que promovem o fluxo de produtos desde o ponto de aquisição até o ponto de consumo final da matéria-prima, bem como dos fluxos de informação, colocando os produtos em movimento, com o propósito de fornecer níveis de serviço adequados aos clientes a um menor custo.

A logística empresarial, é hoje entendida como a integração das atividades de administração de materiais e distribuição física, como pode ser observada na Figura 1:



Figura 3 - Escopo da Logística empresarial

Fonte: BALLOU (1993, p.35)

Vale destacar que o objetivo deste trabalho, está vinculado ao processo de distribuição física, conceito que será abordado no próximo tópico com abrangência dentre outras atividades, da atividade de roteirização.

2.2.1 Distribuição Física

Distribuição física é o ramo da logística que aborda a movimentação, estocagem e processamento de pedidos dos produtos finais da firma (BALLOU, 1993). Ainda segundo Novaes (2004), é o processo operacional e de controle que possibilita o fluxo de produtos entre o ponto de fabricação e o ponto onde a mercadoria é entregue ao consumidor.

O objetivo geral da distribuição física é o de levar os produtos (bens e serviços) certos, para os lugares certos, no momento certo e com o nível de serviço desejado, pelo menor custo possível. Esta visão antagônica de garantir um nível de serviço elevado, ao mesmo tempo em que se pretende reduzir os custos, está ligada

ao conceito de valor agregado, focalizando o problema através de uma cadeia de valor (NOVAES, 2004).

Segundo Ballou (1993), a distribuição física, por ser um setor que absorve mais de dois terços dos custos logísticos, é caracterizada como a mais relevante em termos de custos.

Novaes (2004), afirma ser o sistema de distribuição física de produtos compostos por componentes físicos ou informacionais, tais como:

- *Instalações fixas*: espaço no qual as mercadorias são alocadas até serem transportadas para as lojas e/ou entregues aos clientes;
- *Estoque de produtos* ao longo de toda a cadeia compõe os produtos acabados no estoque da fábrica, nos centros de distribuição, nos distribuidores e varejistas, e o estoque em trânsito (transportados pelos veículos);
- *Veículos*: os meios de transporte utilizados para deslocar os produtos e/ou serviços;
- *Informações diversas*: rastreabilidade, quantidade de produto a ser entregue, as condições e a determinação dos roteiros de distribuição;
- *Hardware e software variados*, que atualmente auxiliam o processo de planejamento, programação e controle das atividades de distribuição;
- *Custos*, disponibilizando uma estrutura adequada e constantemente atualizada do mesmo.
- *Pessoal*, manutenção de mão-de-obra devidamente capacitada e treinada.

Ballou (1993) propõe a administração física como uma tarefa desenvolvida nos três níveis de planejamento: estratégico, tático e operacional. No nível estratégico, as atividades relacionam-se à modelagem do sistema de distribuição, quanto à determinação de localização de armazéns e seleção dos modos de transporte. Já o nível tático, refere-se ao planejamento de curto prazo e à utilização do sistema de distribuição. A administração operacional refere-se às atividades que diariamente o gerente de distribuição e seus subordinados, desempenham para

garantir que os produtos fluam através do canal de distribuição até o último cliente (Ver Quadro 1).

Quadro 1 - Nível de decisões

| Tipos de decisões | Nível de decisões | | |
|--------------------------|--|--|--|
| | Estratégia | Tática | Operacional |
| Localização | Números de locais, tamanho e localização | Posicionamento de estoques | Roteirização, aceleração e despacho |
| Transporte | Seleção de modais | Sazonalidade do mix de serviço | Quantidades e tempo de reabastecimento |
| Processamento de pedidos | Seleção e projeto do sistema de colocação de pedidos | Regras de prioridades para pedidos de clientes | Aceleração de pedidos |
| Serviços ao cliente | Estabelecimento de pedidos | | |
| Armazenagem | Layout, seleção de local | Escolha de espaços | Preenchimento de pedidos |
| Compras | Políticas | Contratação, seleção de fornecedor | Liberação de pedidos |

Fonte: Adaptado de Ballou (2006, p. 42)

De acordo com Fleury, Figueiredo e Wanke (2000), o campo logístico evoluiu, integrando de maneira mais ampla a distribuição física de bens e materiais, passando a considerar a cadeia de suprimentos como todas as suas atividades de compra, administração de materiais e distribuição. Neste contexto, segundo Ballou (2006), as principais atividades logísticas ligadas à distribuição física relacionam-se à manutenção dos estoques, programação de produtos, processamento dos pedidos, embalagem, armazenamento, controle de materiais, manutenção e transporte.

O transporte é interligando a distribuição física, por atuar como agente de melhoria no atendimento ao cliente. Este, caracteriza-se como um desafio de tomada de decisão dentro das empresas, na busca por melhores roteiros para os veículos ao longo da rede de transporte, com foco na redução do tempo e da distância (BALLOU, 2006).

Na visão de Novaes (2004), o processo de distribuição física de produtos desenvolvidos pela atividade de transporte, dentre os vários tipos de ligação existentes, pode resumir-se em:

- Distribuição “*um pra um*” - na qual o carregamento do veículo é feito no depósito do varejista ou em um centro de distribuição (CD) para lotá-lo e em seguida é transportado para um único ponto, que pode ser outro CD;
- Distribuição “*um pra muitos*” - o veículo é carregado no CD, com mercadorias destinadas a diversas lojas ou clientes. O carregamento do veículo ocorre no sentido contrário ao das entregas, o que torna o serviço complexo.

Ainda segundo o mesmo autor, os sistemas de distribuição sofrem variações por causas diferenciadas, ou atuação de diferentes elementos. O primeiro possui como elementos influenciadores: à distância, a velocidade, o tempo de carga e descarga e o tempo porta a porta. Já o segundo tipo sofre influências do custo global, da fragilidade da carga e da compatibilidade entre os produtos.

Vale afirmar que um dos problemas mais frequentes com relação à distribuição física de produtos é o da roteirização de veículos, o qual será abordado no próximo tópico. Como destaque, o enfoque a roteirização na perspectiva administrativo a nível operacional, pode ser entendida como movimentação dos recursos necessários à produção de bens e/ou serviços (NOVAES, 2004).

2.2.2 Roteirização

A roteirização é modelo tradicional do problema de otimização na cadeia de suprimentos. De acordo com Laporte *et. al.* (2000) o problema de roteirização de veículos caracteriza-se por definir quais os roteiros que serão seguidos a fim de

minimizar o custo total no atendimento, sendo que cada atendimento inicia e finaliza no depósito ou base dos veículos, assegurando que cada ponto seja visitado precisamente uma vez, e que a demanda de cada rota definida não ultrapasse a capacidade do veículo que a atende.

Ao conceituar o problema de roteirização, podemos observar, de acordo com Ballou (2006), que a escolha de um modal de transporte ou serviço disponibilizado dentro de uma atividade de transporte, depende da multiplicidade das características do serviço. De acordo com Paula (2009), os problemas de roteirização diferem a cada situação, apresentando aspectos distintos quanto ao tipo de operação, tipo de carga, de frota de restrição e ao objetivo do problema.

Para Novaes (2004, p.288) “um problema real de roteirização é definido por três fatores fundamentais: decisões, objetivos e restrições”, a saber:

a) As decisões: dizem respeito a alocação de um grupo de clientes, que devem ser visitados, à um conjunto de veículos e respectivos motoristas, envolvendo também a programação e o sequenciamento das visitas.

b) Como objetivos principais, o processo de roteirização visa propiciar um serviço de alto nível aos clientes, mas ao mesmo tempo mantendo os custos operacionais e de capital tão baixo quanto possível.

c) Devem-se obedecer as restrições. Em primeiro lugar, deve completar as rotas com os recursos disponíveis, mas cumprindo totalmente os compromissos assumidos com os clientes. Em segundo lugar deve respeitar os limites de tempo impostos pela jornada de trabalho dos motoristas e ajudantes. Finalmente, devem ser respeitadas as restrições de trânsito, no que se refere às velocidades máximas, horários de carga/descarga, tamanho máximo dos veículos, nas vias públicas.

Ainda de acordo com o autor, problemas de roteirização ocorrem com frequência no processo de distribuição de produtos e serviços, tais como: coleta de entrega, em domicílio, de produtos comprados nas lojas de varejo ou pela internet; distribuição de bebidas em bares e restaurantes; distribuição de dinheiro para caixas eletrônicos de bancos; distribuição de combustíveis para postos de gasolina; coleta de lixo urbano; entrega domiciliar de correspondência.

São diversos os fatores que influenciam na modelagem e solução de um problema de roteirização de veículos, que exigem a utilização de métodos de classificação adequados e um olhar sistêmico dos principais problemas, na busca por identificar os aspectos relevantes que permitem o alcance de uma solução ótima para os problemas de roteirização (PAULA, 2009).

Os autores dessa área de estudo apresentam diversas classificações para os problemas de roteirização de veículos. De acordo com Novaes (2004) e Ballou (2006), estes métodos podem ser classificados como prossegue no item abaixo.

2.2.2.1 Métodos de roteirização e programação

De acordo com Novaes (2004) há duas categorias de roteirização: a roteirização sem restrições, segundo a qual as rotas são definidas buscando reduzir a quilometragem, sem levar em consideração as restrições de tempo de entrega ou a capacidade dos veículos; e a roteirização com restrições, que difere apenas por considerar restrições de tempo de entrega ou a capacidade dos veículos atuantes na distribuição dos produtos.

I. Roteirização sem restrição

De acordo com Novaes (2004), quando a separação dos clientes, pelos roteiros, já foi desempenhada, as restrições de tempo e capacidade estão resolvidas. O problema que resta é o de encontrar a sequência de pontos a serem seguidos que minimizem o percurso total. Este problema é conhecido como Problema do Caixeiro Viajante- PCV.

A Figura 4, apresenta um problema simples, de fácil resolução por inspeção.

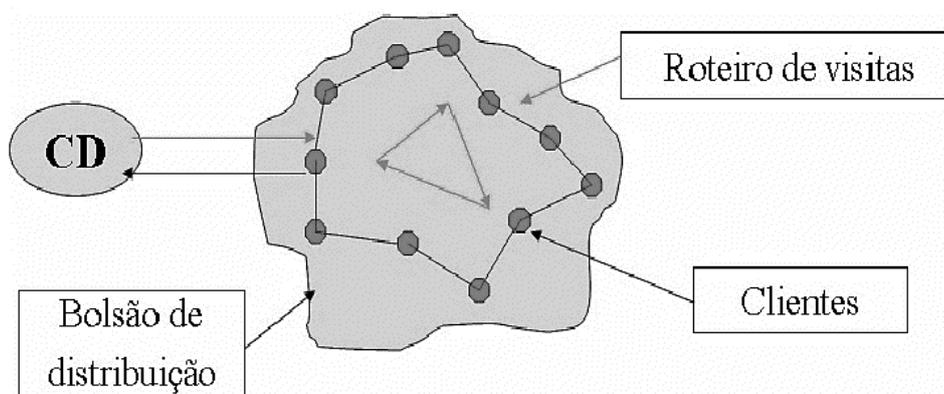


Figura 4 - Roteiro simples (12 clientes) num bolsão de distribuição

Fonte: Novaes (2004, p.291)

Há diversos métodos heurísticos para solução de PCV, podendo estes, serem agrupados em duas categorias:

- **Método de *construção de roteiro***

Ainda de acordo com o mesmo autor, é o método que parte de um determinado ponto, e vai formando um roteiro por meio do acréscimo de pontos adicionais. A sistemática indicada é ligar cada ponto a seu vizinho mais próximo, Este não é o método mais eficaz, mas é indicado como configuração inicial para aplicação de métodos para melhoria.

- **Método de *melhoria do roteiro***

São processos mais eficientes, pois parte da solução já obtida com outro método, com objetivo de aperfeiçoar o resultado assim obtido, por meio de uma sistemática predefinida. Os métodos de melhoria mais utilizados são o 2-opt e o 3-opt, desenvolvidos por Lin e Kernighan (Novaes, 2004).

O método 2-opt possui a seguinte evolução computacional:

Etapa 1: Começamos com um roteiro qualquer, de preferência um roteiro gerado com o auxílio de um método de construção.

Etapa 2: Removemos dois arcos do roteiro e tentativamente reconectamos os nós que formam esses dois arcos, alterando as ligações. Se essa ligação produzir um resultado melhor, isto é, gerado um roteiro de extensão menor do que o anterior. Substituímos o roteiro inicial pelo novo roteiro e repetimos a etapa 2. Caso contrário, continuamos com o roteiro anterior e tentamos outros dois arcos, repetindo a etapa 2, e assim sucessivamente.

Etapa 3: o processo termina quando não se conseguir nenhuma melhoria, ao se fazerem todas as trocas de ligações possíveis.

No método 3-opt, a parte conceitual é similar ao 2-opt, diferindo apenas na quantidade de nós utilizados, que neste método passa a ser 3 nós de cada vez. Há também um aumento no quantitativo de alterações em relação ao método anterior concernente a configuração básica, passando está para 7.

O PCV, apresenta restrições quando o número de clientes aumenta, ultrapassando o quantitativo de 100. O problema passa a demandar o uso de métodos mais sofisticados, operacionalizados no computador.

II. Roteirização com restrições

De acordo com Ballou (2006), a elaboração de problemas de restrições e programação de veículos, torna-se complexa à medida que novas restrições são impostas. Segundo Novaes (2004), a roteirização, nessas situações, ocorre concomitante com o processo de divisão da área estudada, em bolsão ou zonas de entrega.

Há dois métodos para enfrentar problemas desta natureza: o método mais simples, o de “Varredura” e o outro mais complexo, que trabalha com elementos práticos, produzindo soluções de maior qualidade sob uma gama maior de circunstâncias, o método de “Economias” (BALLOU, 2006).

- **O Método da “Varredura”**

É um método de fácil manuseio, a ponto de ser calculado a mão e/ou por meio de programas computacionais, com grande rapidez, utilizando reduzidas quantidades de memória. Segundo Ballou (1993), este método possui precisão de 10%, tomando como referência a solução ótima absoluta.

De acordo com Novaes (2004), o método de varredura é composto pela seguinte sequência de procedimentos:

Etapa 1: Tomar o depósito como centro, e definir um eixo passando por ele. Esse eixo geralmente coincide com a linha horizontal, ver Figura 5;

Etapa 2: Girar o eixo em torno do CD no sentido anti-horário (ou horário, se assim o preferir) até fazer intercessão com uma parada;

Etapa 3: Teste o cliente em potencial, verificando se pode ser incluído no roteiro em formação, fazendo as seguintes interrogações: (a) o tempo de atendimento do novo cliente excede a jornada de trabalho permitida por dia; (b) a quantidade de mercadoria a transportar para o novo cliente excede o limite de capacidade do veículo; Se ambas as restrições não forem violadas, o novo cliente poderá ser incorporado ao roteiro, e o processo continua;

Etapa 4: Se o novo cliente não puder ser incluído no roteiro de formação, é sinal de que as possibilidades desse roteiro se esgotaram. Nesse caso, fechamos o roteiro e iniciamos um novo. Continuar com a varredura até atribuir todos os pontos a roteiros;

Etapa 5: Para cada roteiro, aplicar um método de melhoria de forma a minimizar os percursos.

O método de varredura é eficiente quando a carga de parada representa uma parcela da capacidade do veículo, quando todos os veículos possuem o mesmo tamanho e quando não existem restrições de tempo nos roteiros (BALLOU, 2006).

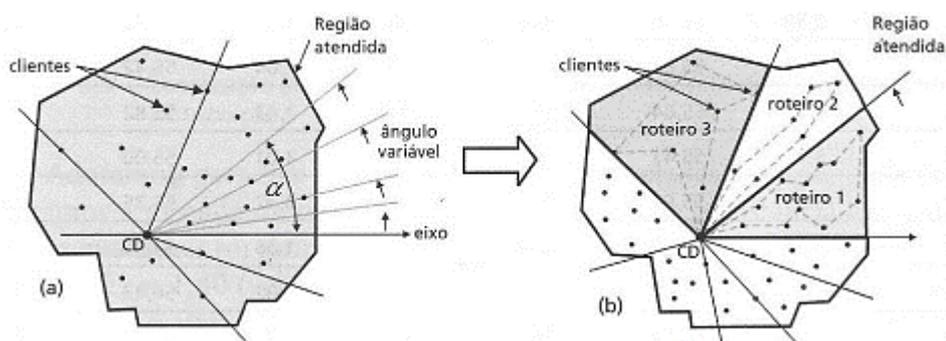


Figura 5 - Método de varredura: evolução

Fonte: Novaes (2004, p.297)

- **Método das “Economias”**

Também conhecido como método Clarke-Wright, segundo Ballou (2006), este tem sido utilizado com sucesso ao longo dos anos, por ser flexível na resolução de diversos tipos de restrições, atuando de forma rápida em termos computacionais, em problemas com número moderado de paradas, sendo capaz de gerar soluções quase ótimas. Enquanto o método de varredura produz um erro de 10%, o de Clarke-Wright reduz esse nível a 2% do ótimo absoluto.

Este método como todos os de roteirização, busca gerar roteiros que minimizem a distância total percorrida pelos veículos e indiretamente diminua o número de veículos necessários para atender a todos os clientes (BALLOU, 2006).

Segundo Novaes (2004), a construção de roteiros deste método, consta das seguintes etapas:

Etapa 1: Combinar todos os pontos (que representam os clientes) dois a dois e calcular o ganho para cada combinação através da relação;

Etapa 2: Ordenar todas as combinações, de forma decrescente segundo os valores dos ganhos;

Etapa 3: Combinar duas paradas no mesmo roteiro, e identificar qual apresentou o maior ganho. Posteriormente, na análise de outras situações, vai-se descendo na lista de combinações, sempre obedecendo à sequência decrescente de ganhos.

Etapa 4: Para um par de pontos, tirado da sequência de combinações, verifica-se os dois pontos já fizeram parte de um roteiro iniciado, ver Figura 6.

Etapa 5: Cada vez que acrescentar um ou mais pontos num roteiro ou quando fundir dois roteiros num só, verificar se a nova configuração satisfaz as restrições de tempo e de capacidade. Se atender aos limites das restrições, a nova configuração é aceita.

Etapa 6: O processo termina quando todos os pontos(clientes) tiverem sido incluídos nos roteiros.

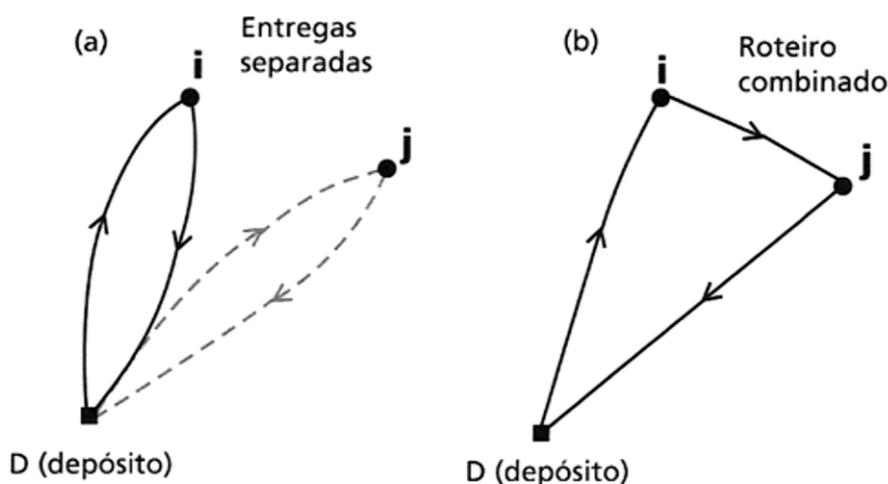


Figura 6 - Integrando dois clientes num roteiro compartilhado

Fonte: Novaes (2004, p.301)

Os problemas de roteirização de veículos pertencem à ampla categoria de problemas de pesquisa operacional, os denominados problemas de otimização de rede. Estes problemas derivam do número significativo de parâmetros que podem influenciar o tipo de problema, sendo necessária para melhor compreensão dos aspectos relevantes a adequada classificação dos mesmos (BELFIORE; YOSHIZAKI, 2006).

Neste contexto, o desafio da logística é o de atingir rapidamente seus clientes, buscando nutrir uma visão sistêmica do processo para tomada de decisão de qualidade (BELFIORE; YOSHIZAKI, 2006). A fim de alcançar esse objetivo devem existir estratégias quanto à localização das fábricas, dos fornecedores, dos depósitos e um estruturado sistema de transporte.

A principal ferramenta utilizada para auxiliar na localização é a pesquisa operacional, que atua por meio de modelos simples de transporte, levando-se em consideração origens e destinos, ou por meio de modelos de baldeação, em que são levados em conta, além destes, pontos de transferências intermediárias (MARINS, 2011).

O termo Pesquisa Operacional é tradução (brasileira) do termo inglês *operational research* (ARENALES *et. al.*, 2007). A expressão foi utilizada pela primeira vez durante a Segunda Guerra Mundial, relacionada à análise científica do uso de recursos militares de maneira sistêmica. As equipes de pesquisadores buscavam desenvolver métodos para resolução de problemas militares de operações de guerra (ANDRADE, 2002).

De acordo com Novaes (2004), o mercado hoje dispõe de um número razoável de softwares de roteirização, que auxiliam as empresas no planejamento e programação dos serviços de distribuição física.

Ainda segundo o mesmo autor, para escolher um software adequado às condições reais da empresa, o ideal é definir uma ou mais situações para testar os sistemas disponíveis no mercado. Muitas vezes, a empresa constata a inadequação do *software* após tê-lo adquirido, com prejuízos apreciáveis (NOVAES, 2004).

Seguindo este contexto de análise de decisão, concernente às estratégias e definição de localização de melhores rotas e/ou localização, o próximo tópico tratará do processamento de dados georeferenciados na produção de informações associadas a localizações geográficas; o Sistema de Informação Geográfica utilizado na aquisição, manipulação, análise e apresentação de dados georeferenciados, bem como o uso do *software ArcGIS®*.

2.3 Geoprocessamento

O processo de coleta de informações acerca de distribuição geográfica de propriedade, recursos minerais, plantas e animais foi parte importante das atividades das sociedades organizadas. Antes do advento da informática, a manipulação de dados era realizada apenas por meio de documentos e mapas em papel. Esta característica limitava a manipulação das informações no que tange à dificuldade da análise combinada entre mapas e dados (DAVIS; CÂMARA; MONTEIRO, 2001).

Com o desenvolvimento tecnológico em diversos campos correlatos na metade do século XX, tais como (ver Figura 7): topografia que possibilitou o surgimento de modelos digitais de terreno (MDT), dos sistemas de gerenciamento de bancos de dados (SGBD), da cartografia digital, computação gráfica que originou o sistema CAD e a programas de processamento digital de imagens (PDI), surgiu o Geoprocessamento, termo empregado no Brasil como GIS – *Geographical Information Systems* (SIG- Sistema de Informação Geográfica), derivado da literatura norte-americana que utiliza a sigla GIS, de forma abrangente e com significado, que difere em muitos momentos dando margem a confusões semânticas e conceituais.

Neste trabalho de pesquisa, será adotado o termo Geoprocessamento, como base de abrangência multidisciplinar da área, sendo o termo SIG empregado similarmente às literaturas pesquisadas como um sistema constituidor de *software*, *hardware* e dados geográficos (PEREIRA; SILVA, 2001, p.102).



Figura 7 - Conjunto de Tecnologias Relacionadas ao Geoprocessamento

Fonte: Adaptado de PEREIRA; SILVA (2001, p.103)

Segundo Davis, Câmara e Monteiro (2001, p. 1):

Geoprocessamento é tecnologia interdisciplinar, que permite a convergência de diferentes disciplinas científicas para o estudo de fenômenos ambientais e urbanos.

O termo geoprocessamento resulta das palavras *geo* (derivado do termo grego *gai* – Terra) e *processamento*, referindo-se à capacidade de processar informações. Podendo ser entendido como conjuntos de tecnologias, processo e métodos para a manipulação digital de dados e informações geográficas (PEREIRA; SILVA, p. 104).

Sendo um conjunto de tecnologias direcionadas a coleta e tratamento de informações espaciais, para um objetivo específico, o geoprocessamento destina-se ao tratamento de dados referenciados geograficamente, analisando a cadeia, que vai desde a coleta de dados até a geração de saídas na forma de mapas, arquivos digitais e relatórios. O geoprocessamento promove influências nas áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional.

As atividades que compreendem o geoprocessamento são executadas pelo Sistema de Posicionamento Global – GPS, que fazem o sensoriamento remoto, pela digitalização de dados, pela automação de tarefas cartográficas e a utilização da ferramenta computacional *Geographical Information System* - GIS, ou Sistema de Informação Geográfica - SIG, que permitem a realização de “análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georeferenciados” (Câmara *et. al.*, 1995).

De acordo com Davis, Câmara e Monteiro (2001), os dados georeferenciados podem ser classificados como: dados temáticos, dados cadastrais, redes, modelos numéricos de terreno e imagem.

Dados temáticos apresentam a distribuição espacial de uma grandeza geográfica, expressa de forma qualitativa. Os dados temáticos são compostos por atributos, sendo associados a representações geográficas do tipo: dono, localização, valor venal, IPTU devido. As redes são informações associadas aos serviços de utilidade pública, como água, luz e telefone, redes de drenagem (bacias hidrográficas) e rodovias. Modelo numérico de terreno – MNT é a representação quantitativa de dados que variam constantemente no espaço geográfico, como:

armazenamento de dados de altimetria para gerar mapas topográficos e análises de corte-aterro para projeto de estradas e barragens. As imagens representam formas de captura indireta de informação espacial, sejam por satélites, fotografias aéreas ou "scanners" aerotransportados (DAVIS, CÂMARA e MONTEIRO, 2001).

2.3.1 Histórico do Geoprocessamento

As tentativas iniciais de autorizar parte do processamento de dados com características espaciais aconteceram na Inglaterra e nos Estados Unidos, nos anos 50, com a principal função de reduzir custos de produção e manutenção de mapas. Estes sistemas não foram classificados como "sistemas de informação", dada à precariedade da informática e a especificidade das aplicações desenvolvidas. Na Inglaterra eram em pesquisas botânicas e nos Estados Unidos estudos em volumes de tráfego (CÂMARA, DAVIS e MONTEIRO, 2001).

Ainda de acordo com os autores, na década de 60, surgem no Canadá alguns programas governamentais para criação de inventário de recursos naturais, os primeiros SIG's. O sistema criado era de difícil manuseio e de uso restrito, pois, exigia o uso de monitores gráficos de alta resolução, equipamentos avançados, mão de obra altamente especializada e cara, além de não existirem soluções comerciais prontas para uso. Cada programa deveria ser desenvolvido por seus interessados, o que demandava tempo e dinheiro.

A década de 80 marca o momento em que a tecnologia de sistemas de informação geográfica inicia um período de acelerado e contínuo crescimento. Concomitantemente ao desenvolvimento da tecnologia dos computadores e *softwares*, o geoprocessamento deu um salto, principalmente após a fundação da NCGIA (*National Centre for Geographical Information and Analysis*), em 1989 nos EUA, que estabeleceu o Geoprocessamento como uma disciplina científica independente (Câmara *et. al.*, 1995).

De acordo com Câmara, (1996), a entrada do Geoprocessamento no Brasil tem início a partir de esforços realizados, no início dos anos 80, pelo Prof. Jorge Xavier da Silva (UFRJ) com a divulgação e formação de pessoal. Outro fator que cooperou, foi em 1982, a vinda do Dr. Roger Tomlinson, responsável pela criação do

primeiro SIG (o *Canadian Geographical Information System*), o qual incentivou o advento de diversos grupos de interesse no desenvolvimento tecnológico, entre eles:

- UFRJ (Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Geografia) desenvolveu o Sistema de Análise Geo Ambiental (SAGA), aplicado principalmente na capacidade de análise geográfica, sendo utilizado com sucesso como veículo de estudos e pesquisas;
- Aero Sul aerolevantamentos: Maxi DATA (automatização de processos cartográficos) e Maxi CAD (mapeamento por computador);
- Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da TELEBRÁS (CPqD), (1990): desenvolveu o SAGRE (Sistema Automatizado de Gerência de Rede Externa), aplicação de geoprocessamento no setor de telefonia, no desenvolvimento e personalização de *software*.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INEP tem sua atuação no desenvolvimento tecnológico dividida em três momentos: *aprendizado e formação inicial da equipe* – investiu no processamento de imagens, especificou um grupo para o desenvolvimento de tecnologia de geoprocessamento e sensoriamento remoto (1974-1984); *desenvolvimento do SITIM (Sistema de Tratamento de Imagens)* e o *SIG (Sistema de Informação Geográfica)* (1984-1990); e *atualização tecnológica*, onde foi desenvolvido SPRING, para ambiente PC/DOS (*Sistema para Processamento de Informações Geográficas*), para ambientes PC/Windows e estações de trabalho UNIX (1991-1996).

Além disso, de acordo com o autor, um conjunto significativo de projetos ambientais foi desenvolvido utilizando-se o SITIM/SIG, podendo-se citar:

(a) O levantamento dos remanescentes da Mata Atlântica Brasileira (cerca de 100 cartas), desenvolvido pela IMAGEM Sensoriamento Remoto, sob contrato do SOS Mata Atlântica;

(b) A cartografia fito-ecológica de Fernando de Noronha, realizada pelo Núcleo de Monitoramento Ambiental e de Recursos Naturais por Satélite (NMA/EMBRAPA);

(c) O mapeamento das áreas de risco para plantio para toda a Região Sul do Brasil, para as culturas de milho, trigo e soja, realizado pelo CPAC/EMBRAPA;

(d) O estudo das características geológicas da bacia do Recôncavo, através da integração de dados geofísicos, altímetros e de sensoriamento remoto, conduzido pelo Centro de Pesquisas Leopoldo Américo Miguez de Mello(CENPES/Petrobrás).

2.3.2 Sistema de Informação Geográfica - SIG

Os Sistemas de Informações Geográficas compõem uma categoria de Sistema de Apoio à Decisão, capazes de analisar e exibir dados, para planejamento e tomada de decisão utilizando mapas digitalizados. O SIG possui recursos de modelagem, que permitem aos usuários o armazenamento de dados, para posterior revisão de cenários e tomada de decisão (LAUDON;LAUDON, 2004).

OSIG é um tipo de SI aplicado com o objetivo de integrar mapas e bancos de dados, permitindo o geoprocessamento de imagens (cálculo de distâncias, localização de entidades no mapa, identificação de entidade correspondente a certos objetos no mapa).

A arquitetura de sistemas de informação geográfica, Davis, Câmara e Monteiro (2001) apresenta-se em três níveis, conforme Figura 8:

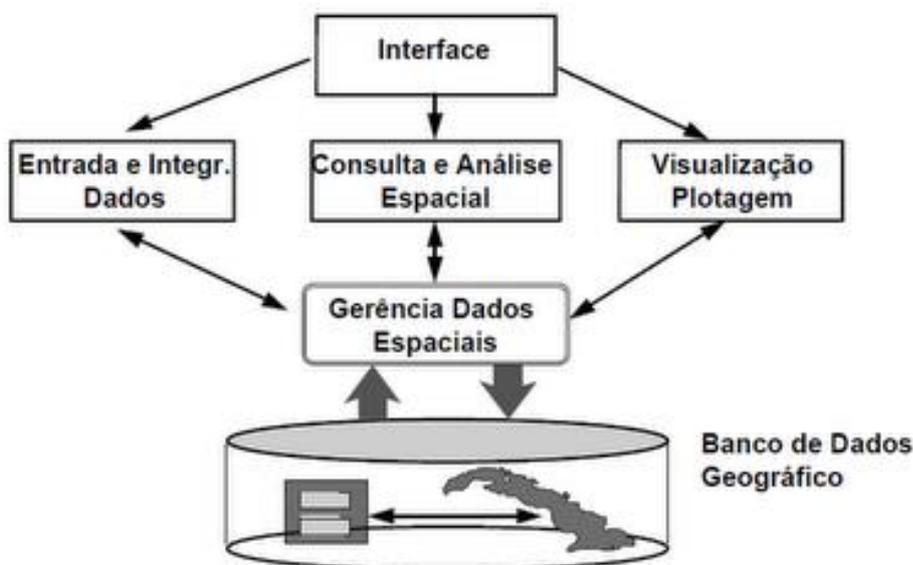


Figura 8 - Arquitetura de sistemas de informação geográfica

Fonte: Davis, Câmara e Monteiro (2001, p.4)

A interface localizada no primeiro nível representa a comunicação do sistema com o usuário, esta determina como o sistema será operado e controlado. O segundo nível é composto por três partes: a entrada e interação dos dados - onde os dados são captados e convertidos; a consulta e análise espacial - responsável pela execução de análises espaciais, como operação topológica etc.; e visualização plotagem - responsável pelo resultado final do objeto.

O terceiro nível é o armazenamento dos dados geográficos, onde os atributos podem ser recuperados. Segundo Davis, Câmara e Monteiro (2001, p.3) “cada sistema, em função de seus objetivos e necessidades, programa estes componentes de forma distinta, mas todos os subsistemas apontados devem estar presentes em um SIG”.

2.3.2.1 Caracterização do SIG

No sistema de informação geográfica, o termo *informação* deriva do fato do SIG permitir a conversão de dados em informações a partir de manipulações e consultas interativas sobre os dados armazenados. A palavra *geográfica* implica no fato dos dados possuírem localizações conhecidas ou que podem ser calculadas em termos de coordenadas geográficas (Barbosa, 1997).

De acordo com Davis, Câmara e Monteiro (2001), “Se onde é importante para seu negócio, então Geoprocessamento é sua ferramenta de trabalho”. Sempre que o onde aparece, dentre as questões e problemas que precisam ser resolvidos por um sistema informatizado, haverá uma oportunidade para considerar a adoção de um SIG.

De acordo com Câmara (1995) há pelo menos três grandes maneiras de utilização de um SIG:

- Como ferramenta para produção de mapas;
- Como suporte para análise de fenômenos;
- Como um banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial.

De acordo com o mesmo autor essas três visões convergem entre si, refletindo a relevância do tratamento da informação geográfica dentre das instituições.

Segundo Francelino, (2003), o SIG é um sistema computacional que admite a associação de dados gráficos (mapas) e banco de dados que dão base à gestão espacial e concomitantemente a soluções de problemas em área da superfície terrestre e funcionando como suporte à decisão técnica ou política.

Câmara (1995), afirma que as principais características de um SIG, sejam:

- Integrar, em uma única base de dados, informações espaciais originadas de dados cartográficos, dados de censo e cadastro urbano e rural, modelos numéricos de terreno e imagens de satélite (ver Figura 9).
- Apresentar mecanismos para associar as várias informações, por meio de algoritmos de manipulação e análise, para recuperar, consultar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados geocodificados.

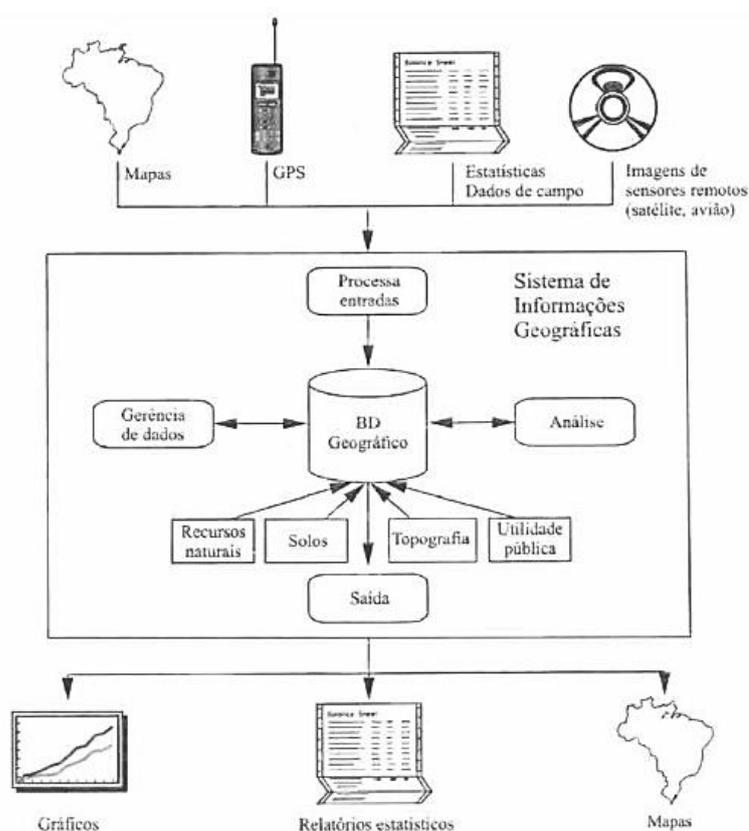


Figura 9 - Configuração básica de um SIG

Fonte: Miranda (2010, p.33)

2.3.3 ArcGIS®

O *ArcGIS®* é um conjunto de *software* que dá forma ao SIG, desenvolvido para análise de informações alfanuméricas, auxiliando na visualização, manipulação e organização dos dados geográficas. Disponibilizado pela ESRI - *Environmental Systems Research Institute* (Instituto de Investigação em Sistemas Ambientais). Possui grande flexibilidade, sendo possível incrementá-lo com módulos que realizam operações específicas, podendo ser estes instalados em um único posto de trabalho e/ou rede global de utilizadores (HOLANDA, 2008).

De acordo com Castro (2006), o *ArcGIS®* é “um sistema incremental de *softwares* para criação, integração, gestão, análise, e disseminação de dados geoespaciais, ao nível individual ou global de uma rede distribuída de pessoas”.

A estrutura da plataforma *ArcGIS®* está embasada em três módulos funcionais (SILVA; RODRIGUES, 2009):

- **ArcCatalog**

Aplicativo que permite a gestão de arquivos e pastas, possibilitando a criação dos mesmos. Atua na realização de tarefas de procura e gerenciamento, do tipo: visualizar, copiar, mover, recortar, renomear, deletar, além de auxiliar no desenvolvimento de funções espaciais específicas como: criar, editar e visualizar o conteúdo dos dados (metadados) espaciais e tabelas, conectar-se a servidores de dados espaciais; e interação com os outros módulos.

- **ArcMap**

Compõe o aplicativo de análise, visualização e exportação de mapas, ou seja, definição da informação de estudo. É um conjunto de *layers* de informação, que possibilita diversas funcionalidades, como: representação de rede de drenagem, unidades de federação, rede de rodovias, entre outros.

- **ArcToolbox**

É o aplicativo que disponibiliza o acesso às funcionalidades de gerenciamento de dados. Por possuir mais de 100 ferramentas de processamento de dados, é flexível sendo utilizado na análise de informações georeferenciadas, de acordo com o interesse da pesquisa.

Estes aplicativos permitem ao usuário desenvolver tarefas relacionadas à execução de operações, análise espacial, operações de transformação, operações de construção de topologia e o desempenho de tarefas simples ou complexas, entre outras.

De acordo com Holanda (2008), as aplicações do *ArcGIS®* são executadas por quatro versões de softwares distintos, que disponibilizam níveis de funcionalidades diferentes, constituídas pelo mesmo núcleo de programação.

- O ArcView permite o acesso de ferramentas de construção cartográfica e análise espacial com auxílio de ferramentas de edição simples;
- ArcEditor, abrange todas as funcionalidades do ArcMap sendo capacitado para realização de edição completa de dados;
- ArcInfo, amplia a capacidade dos anteriores para níveis avançados de geoprocessamento;
- ArcSDE, atua como gerenciador de base de dados relacionáveis, suportando uma variedade de formatos.

Segundo Castro (2006), as principais características do *ArcGIS®* são: Facilidade de utilização, por apresentar interface fácil e intuitiva, além de ferramentas e dicas para melhor utilização. Há a facilidade de integração de conteúdos diversos, como fotos, vídeos e documentos georeferenciados.

É um software habilitado para obtenção de dados geográficos pela internet ou intranet. Proporciona ao usuário a possibilidade de customização. Controle de funcionalidades, inserção de ferramentas próprias, personalizando o aspecto do *ArcGIS®* para atender às necessidades específicas do utilizador.

3 METODOLOGIA

O presente tópico visa descrever o procedimento metodológico do objeto de estudo e das técnicas que foram utilizadas para a elaboração do trabalho de monografia, a fim de facilitar a compreensão do mesmo. Inicialmente será apresentada a finalidade da pesquisa, seguida da tipologia e, ao fim, o delineamento da mesma, todas descritas conforme a literatura pesquisada, ordenando as etapas nas quais consistiu o estudo.

3.1 Finalidade da Pesquisa

Segundo Andrade (2009), a pesquisa é o conjunto de procedimentos, baseado no raciocínio lógico, que objetiva encontrar soluções possíveis para problemas sugeridos, por meio da utilização de métodos científicos.

De acordo com Pacatos (2005), a pesquisa caracteriza-se como um procedimento formal e racional, que demanda tratamento científico, constituindo um caminho para conhecer a realidade, a fim de obter respostas aos problemas propostos ou para descobrir verdades parciais.

Cervo, Bervian e Silva (2007) propõem que as diversas finalidades da pesquisa podem ser classificadas basicamente como: pesquisa pura e aplicada. A pesquisa pura, também chamada de pesquisa básica, visa satisfazer o desejo de adquirir conhecimento; no caso da pesquisa aplicada, visa solucionar problemas concretos, a fim de contribuir com resultados práticos. Ainda segundo os autores, os dois grupos de finalidades não representam departamentos exclusivos, podendo coexistir em uma mesma pesquisa.

Correlato às finalidades de pesquisa supracitada, o objetivo pessoal deste trabalho é alcançar o saber sobre o tema abordado, além da aplicação prática, direcionando ações que consistam na análise do serviço do SAMU e na proposta de melhorias do atendimento dos seus serviços na cidade de Juazeiro-BA.

3.2 Tipologia da Pesquisa

Segundo Cervo, Bervian e Silva (2007), a tipologia da pesquisa pode ser classificada quanto à natureza e aos procedimentos. No que tange à natureza, a pesquisa pode compor-se em: trabalho científico original e/ou resumo de assunto. De acordo com Andrade (2009), por trabalho científico original entende-se aquele que contribui com novas descobertas, desenvolvido por cientistas e especialistas; já o resumo de assunto, trata da pesquisa fundamentada em trabalhos avançados, publicado por autoridades no assunto.

O trabalho em questão classifica-se quanto à sua natureza como resumo de assunto, que segundo o autor anteriormente citado, é o tipo mais comum de classificação em cursos de graduação, pois garante ao estudante ampliação da bagagem cultural e o possível desenvolvimento de pesquisas mais avançadas futuramente.

No tocante ao procedimento, Gil (2002), afirma que qualquer classificação de pesquisa se faz mediante a algum critério, sendo possível de acordo com o objetivo geral classificá-las em três importantes grupos: exploratórias, descritivas e explicativas.

Para o autor, a pesquisa exploratória se propõe a familiarizar o pesquisador com o problema, tornando-o mais explícito, a descritiva tem por objetivo definir as características de uma população ou fenômeno, estabelecendo relações entre as variáveis e a explicativa é a que se propõe a identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência de fenômenos.

O trabalho em questão consistiu em um estudo misto, pois combinou a pesquisa descritiva e a explicativa, uma vez que analisou-se a prestação de serviços de atendimento do SAMU, no que se refere às atividades diárias desenvolvidas para esse fim.

Com base nos procedimentos técnicos utilizados, a pesquisa foi desenvolvida a partir das seguintes modalidades (GIL, 2002):

- Bibliográfica, por procurar explicar o problema em questão, fundamentando-se em material já publicado, principalmente em livros, artigos científicos e teses.

- De campo, por exigir a coleta de dados a partir da observação direta das atividades do grupo estudado e de entrevistas.
- Laboratorial, por ser realizada em local limitado, com a utilização de simulações computacionais, e análise de dados.
- Estudo de caso, por delinear adequadamente a investigação, descrevendo a situação do contexto em que está sendo realizado o estudo.

3.3 Delineamento da pesquisa

Este tópico busca explicar a sequência das atividades e procedimentos realizados para elaboração desse estudo. Inicialmente será considerada a base geográfica construída para aplicação do trabalho, seguido da apresentação das etapas do desenvolvimento da pesquisa, e por fim, o processo de análise e tratamento de dados.

3.3.1 Software Utilizado

No desdobramento das atividades de roteirização, localização e identificação da área de serviço, para o qual se propõe este trabalho, fez-se necessária a utilização do *software ArcGIS® v10*, que agrega características que facilitam o desenvolvimentos das atividades.

Foi utilizada ainda a ferramenta *Network Analyst*, a qual fornece a análise espacial baseada em rede, como: roteamento da frota, direções de viagem, área de serviço e localização-alocação. Permite a modelagem dinâmica das condições de rede realistas, incluindo ruas de sentido único, restrições de altura, limites de velocidade com base no tráfego. Construção de redes de dados SIG, utilizando um modelo de dados de rede sofisticado.

O *ArcGIS® Network Analyst* possibilita:

- Produzir rotas mais eficientes para uma frota de veículos;
- Usar janelas de tempo limitando, quando os veículos podem chegar aos locais;

- Determinar os locais ideais para instalações por meio da análise de localização-alocação;
- Definir áreas de serviço com base no tempo de viagem ou distância.

3.3.2 Coleta de dados na Prefeitura de Juazeiro/BA

- Construção da base geográfica

Para que fosse possível utilizar o SIG, foi necessária à coleta do arquivo compondo a malha viária da referida cidade, no formato CAD (*Computer Aided Design* – formato.dwg), disponibilizado pelo setor de Cadastro da cidade de Juazeiro, como pode ser visto na Figura 10. Posteriormente, o arquivo foi importado com seus atributos (dados/informações) para o software *ArcGIS®*, selecionando apenas as *layers* referentes às ruas, bairros e avenidas, criando uma camada georeferenciada a fim de atender a formatação ideal para manipulação pelo software.

Criado o arquivo, este serviu de base para o estudo contendo os eixos das ruas e bairros, sendo passível de manipulação com algoritmos específicos do SIG, para adaptá-lo às necessidades do SAMU, visando principalmente à redução do “Tempo de Deslocamento”, o qual se refere à saída da ambulância da central até o local do chamado.

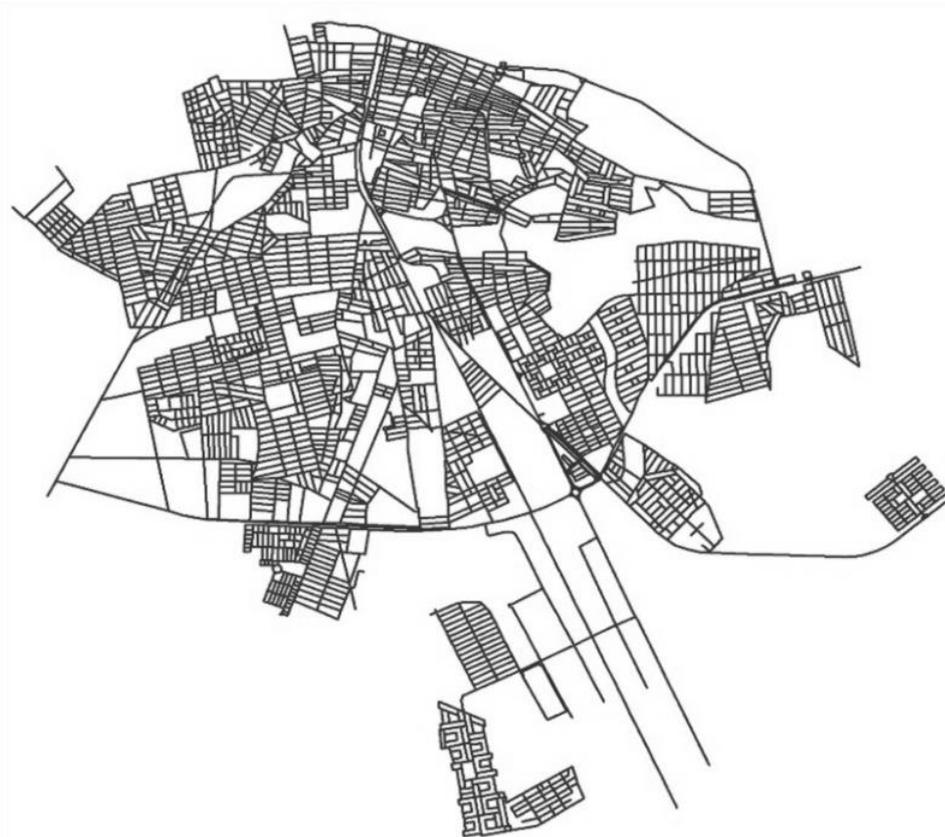


Figura 10 - Detalhe dos eixos no mapa de Juazeiro com as ruas e bairros

Fonte: Produzido pelo autor

- Delimitação de bairros

Após a elaboração da base geográfica da cidade de Juazeiro, foi construída a partir do arquivo (.dwg) da malha viária, a camada correspondente aos bairros, e posteriormente, gerada uma camada de polígonos com o objetivo de identificar esses bairros no software *ArcGIS®*, como pode ser visto na Figura 11.

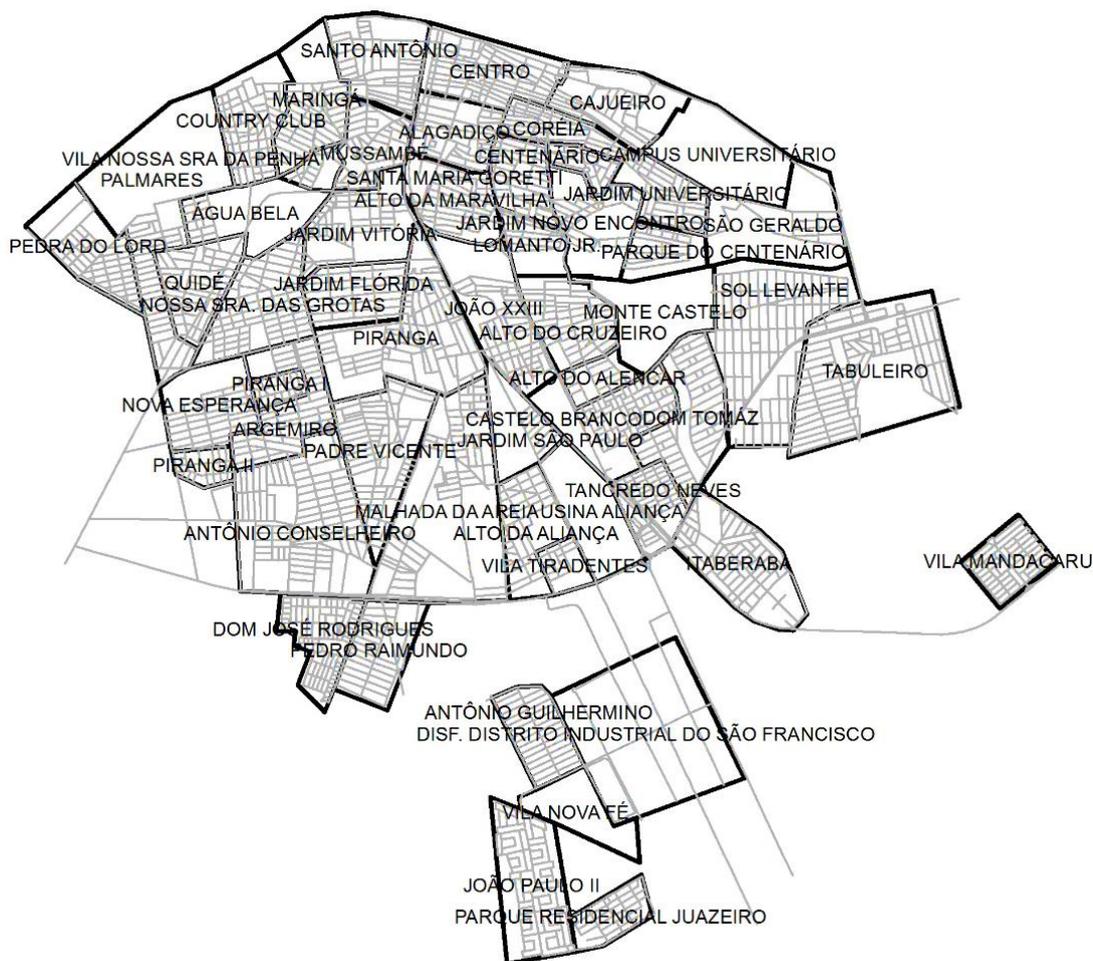


Figura 11 - Camada de polígonos identificando os bairros

Fonte: Produzido pelo autor

3.3.3 Coleta de dados no SAMU

Nesta etapa, foram utilizadas técnicas de pesquisas como: entrevistas, observação, análise de documentos e pesquisas qualitativas, realizadas na central de regulação, durante os meses de junho e início de agosto de 2013.

No processo de coleta de dados, foi adotado o procedimento padrão de envio de ofício à Coordenação Geral do SAMU/Juazeiro, contendo os objetivos do estudo, solicitando a autorização para realização da pesquisa junto à unidade administrativa e a utilização dos dados no trabalho final.

Para tanto, uma planilha foi utilizada como elemento norteador da pesquisa, coletada junto à coordenação do SAMU, contendo dados cadastrais dos usuários

registrados no período de 2007 a início de agosto de 2013, como: número de ocorrência, data e hora do chamado, nome do solicitante, nome da vítima, sexo, endereço, ponto de referência, bairro, telefone, data de nascimento, classificação da enfermidade, motivo do chamado, tipo de atendimento, observações sobre o estado do paciente e o credenciado (hospital).

Os dados inicialmente obtidos a partir do levantamento histórico dos atendimentos foram submetidos a uma triagem. A escolha do período de análise justifica-se por ser a data de inauguração da central de regulação do SAMU, em 03 de março de 2009 até meados de agosto de 2013.

Como o SAMU/Juazeiro é regional, a delimitação da área de estudo foi feita com a identificação dos limites de abrangência, neste caso a fronteira viária do município de Juazeiro-BA.

De acordo com os registros do SAMU/Juazeiro, foi possível estimar a demanda pelo serviço, com o levantamento das chamadas recebidas no período de março de 2009 a agosto de 2013, conforme apresentado na Figura 12. É importante ressaltar que o banco de dados analisado sofreu uma alteração na forma de registro das informações a partir do início do ano 2012. Esta falha justifica-se por terem ocorrido uma redução dos registros de atendimento, devido à diminuição do número de rádios disponíveis, dificultando assim, a troca de informações entre a central e a ambulância, além da falha nos registros por parte das próprias equipes de atendimento, o que resultou na omissão de alguns chamados recebidos pelo SAMU/Juazeiro neste período.

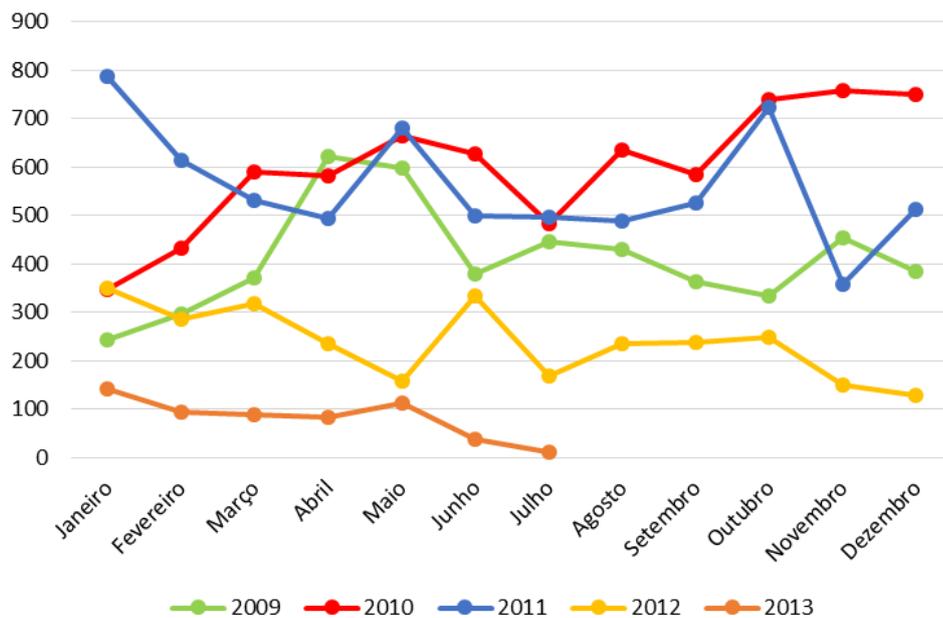


Figura 12 - Demonstrativo do número de chamadas (mar/2009 – ago/2013)

Fonte: Produzido pelo autor

Examinando as informações disponíveis, foi observado que nem todos os chamados registrados na base de dados do SAMU necessitam do envio de uma unidade móvel, esses são os denominados atendimentos telemédicos, ou seja, orientação realizada pelo médico regulador por telefone. A Figura 13, mostra os registros de atendimento por bairro (de 2009 a 2013), nos casos do atendimento móvel, quando há o deslocamento da ambulância até o local da ocorrência.

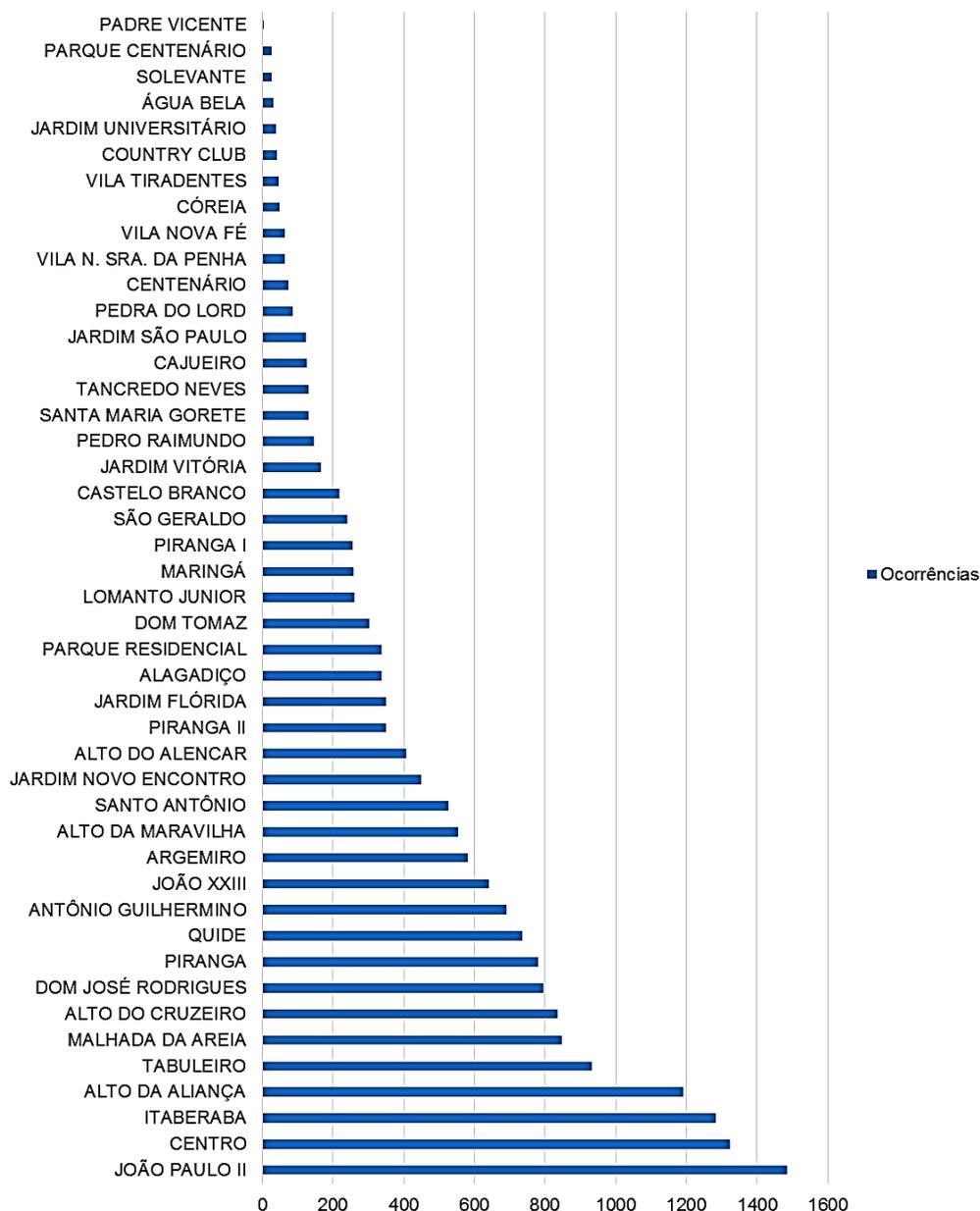


Figura 13 - Registro dos bairros de Juazeiro-BA segundo o SAMU

Fonte: Produzido pelo autor

3.3.4 Tratamento e Análise de dados

Após selecionar o período de análise e a fronteira (área territorial) a ser estudada, os dados foram minerados, abandonando os registros dos chamados que não necessitavam do deslocamento das ambulâncias (orientação médica), das ligações sem georeferenciamento (desistência, serviço social, queda de ligação, administrativo) e dos registros de transferência inter-hospitalar.

Com base na planilha de registros disponibilizado pelo SAMU foram realizados, no período em questão (2009/2013), aproximadamente 21.461 atendimentos, que representam 98,87% do total de 21.706 ligações.

Outra análise considerada diz respeito à caracterização de cada chamada, de acordo com o tipo de ocorrência e o motivo da ligação para o SAMU. A Figura 14, mostra a classificação dos tipos de ocorrências.

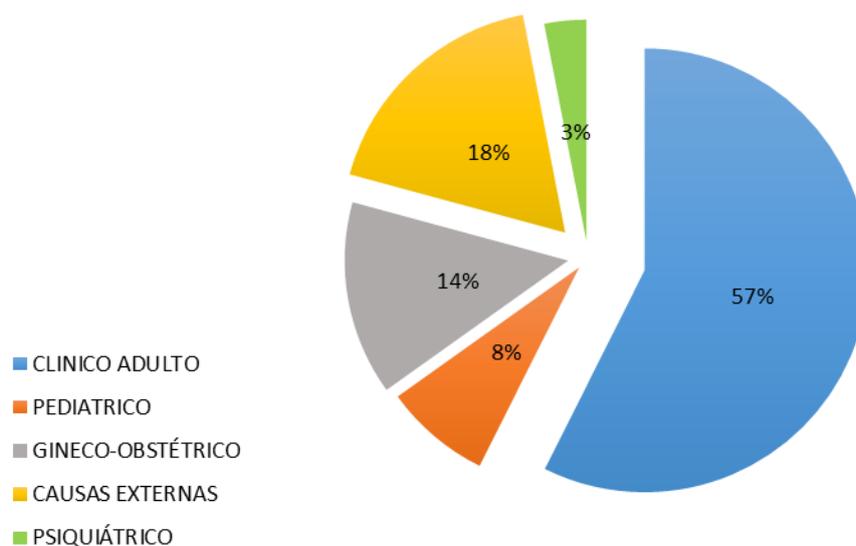


Figura 14 - Distribuição de tipos de ocorrência (mar/2009 – ago/2013)

Fonte: Produzido pelo autor

Os motivos de chamados referentes a cada tipo de ocorrências são classificadas por:

- Clínico Adulto: dor musculoesquelética, sudorese, febre, hipertensão arterial, passando mal, agitado, dispneia, dor torácica, crise hipertensiva, diminuição do nível de consciência, insuficiência renal, dor abdominal, vômito, cefaleia, desmaio, convulsão, desvio de comissura labial, síncope, hipotensão, desidratação, irresponsividade, diarreia, vertigem, parestesia, dor lombar, hemorragia digestiva, sangramento, alcoolismo, cólica renal, hipotonia, retenção urinária, cianose, erisipela, calafrios, dislalia, mialgia, trombose venosa, asma grave, falta de coordenação motora, câncer terminal, paralisia, gripe, virose, edema, colelitíase, mal súbito, fotofobia, hematuria, palidez,

hipoglicemia, epistaxe, icterícia, renal crônico, AVC, parada cardiorrespiratória, reação alérgica, pré-coma;

- Pediátrica: vômito, exantema, dispneia, febre, diarreia, convulsão, cianose, obstrução nasal, desidratação, crise de choro, intoxicação exógena, tosse, desmaio, infecção viral, hemorragia, dor abdominal, sudorese, abscesso cerebral, gripe, dor de garganta, virose, constipação, palidez, celulite, reação alérgica, espancamento, meningite, hipóxia, hematúria, aspiração de corpo estranho;
- Gineco-obstétrica: obstétrica, abortamento, dor, crise hipertensiva, sangramento, doença hipertensiva específica da gravidez (DHEG), hemorragia disfuncional, infecção / DIP, convulsão, mal súbito, eclampsia, descolamento prematuro da placa;
- Causas externas: choque elétrico, ferimento, queda, acidente de trânsito, agressão, acidente ofídico, intoxicação, envenenamento, queimadura, corpo estranho, concussão cerebral, esmagamento;
- Psiquiátricos: Agitado, psicose, adictos (usuário de drogas), doença mental associada a uso autoagressão, auto agressão, epilepsia (conhecida), distúrbio de ansiedade catatônico, neurose, depressão, agressão, alcoolismo, tentativa de suicídio, distúrbio bipolar, Alzheimer, TOC.

Na Figura 15, pode ser observada a distribuição acumulada dos motivos de chamados do SAMU/Juazeiro. Analisando o histórico é possível observar, que alguns motivos possuem uma frequência maior, assim optou-se, por utilizar um percentual das informações, identificando os chamados mais representativos e/ou recorrentes.

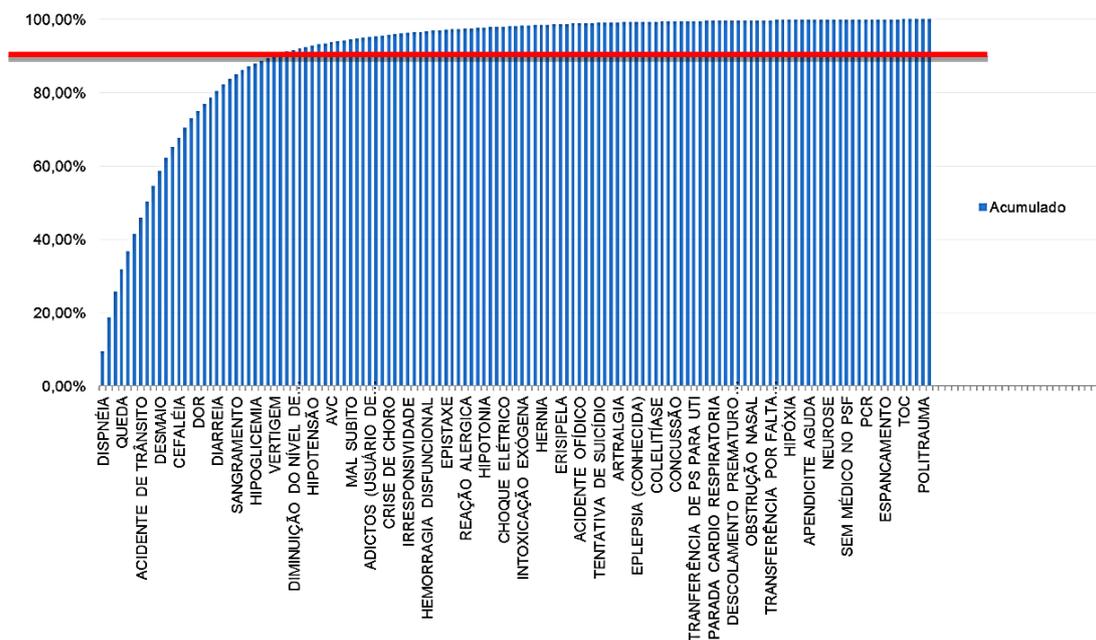


Figura 15 - Distribuição dos motivos de chamado (mar/2009 – ago./2013)

Fonte: Produzido pelo autor

A partir da classificação por itens de maior importância ou impacto, foi possível identificar os motivos de chamados mais recorrentes que correspondem a 90% do total de atendimentos realizados pelo SAMU/Juazeiro no período escolhido para estudo conforme a Figura 16.

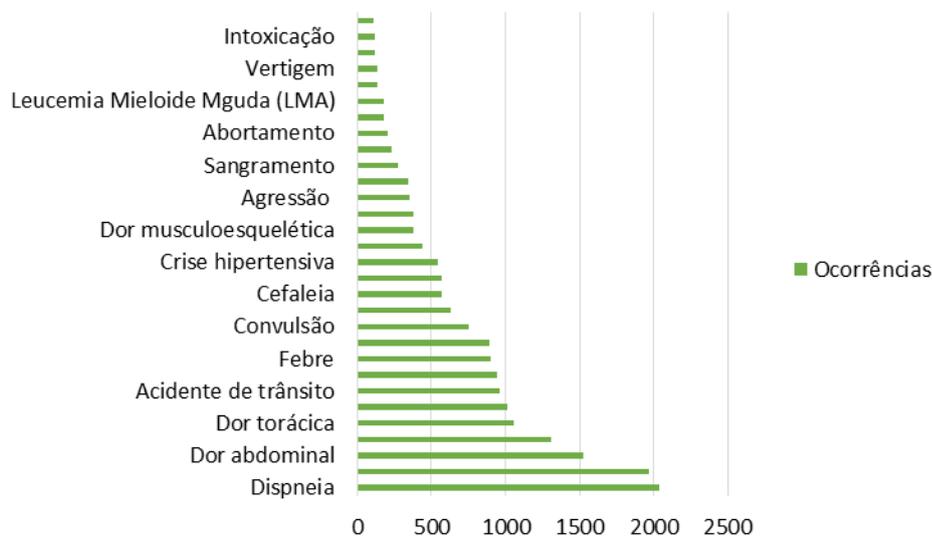


Figura 16 - Motivos de chamados mais recorrentes

Fonte: Produzido pelo autor

Posteriormente, foram identificadas no SIG a localização da sede do SAMU e dos principais hospitais e clínicas, utilizados como padrão pelo SAMU para o envio das vítimas. A Figura 17, representa a reedição do mapa com a camada de polígonos identificando os bairros e a localização dos hospitais e clínicas para o atendimento do serviço público, são eles: Maternidade Municipal de Juazeiro, Hospital Pró-Matre de Juazeiro, Hospital Regional de Juazeiro, Sanatório Nossa Senhora de Fátima, SEMEC – Juazeiro, Sobaby, Upa 24h – Juazeiro e o Serviço de Ortopedia e Traumatologia Especializada.

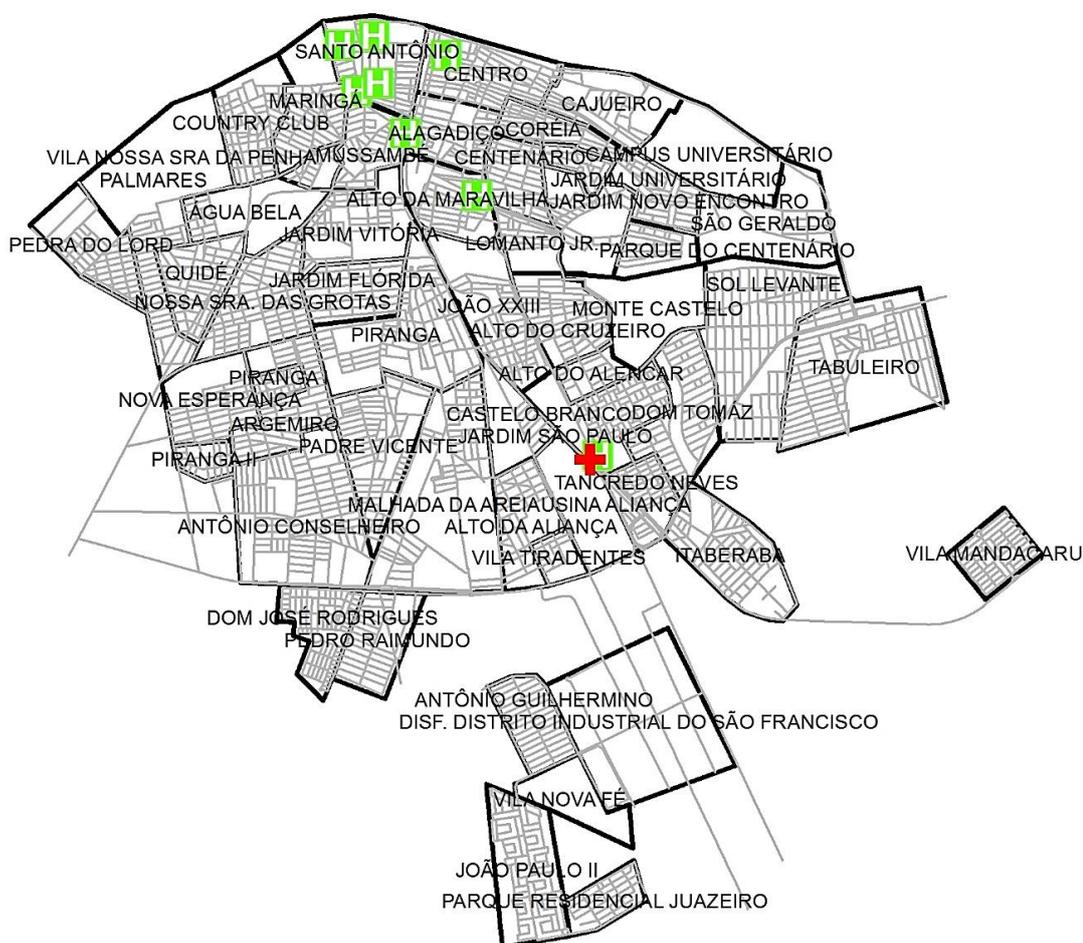


Figura 17 - Localização da sede do SAMU e dos hospitais públicos

Fonte: Produzido pelo autor

O próximo tópico trata da implementação do modelo manipulado em laboratório, que apresenta sugestões e/ou propostas de melhoria para a prestação do serviço do SAMU/Juazeiro.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

O capítulo em questão apresenta os resultados obtidos na pesquisa de campo acompanhado das análises acerca da proposta de otimização do SAMU/Juazeiro. No primeiro subtópico é realizada a descrição simplificada do processo de roteirização desenvolvido neste trabalho. Os demais mostram as análises das áreas de cobertura dentro de uma velocidade média de deslocamento, além da aplicação de melhoria por meio do estudo da alocação de recursos.

4.1 Roteirização

O uso de SIG's no auxílio à tomada de decisão como ferramenta para prestação de serviço do SAMU é importante na aplicação da localização e roteirização das ambulâncias. Os SIG's determinam os pontos "ótimos" para localização com objetivo de melhorar os níveis de serviço, a re-roteirização de ambulâncias em face de caminho obstruído, e a geração de relatórios e mapas temáticos com os atendimentos (locais de maior incidência, tipo e números).

No trabalho diário do SAMU, ao receber a ligação, o técnico preenche os dados necessários para socorro do paciente, como localização (fator essencial para dar início ao atendimento), sexo, motivo da ligação, dentre outros. Nos casos de orientação médica, a ambulância é enviada juntamente com a equipe de socorro, devidamente capacitada para o tipo de agravo.

A escolha do percurso a ser seguido, na maioria das vezes, fica a cargo da experiência da equipe na região do atendimento, mas para se obter um tempo de resposta ideal, é importante que haja conhecimento da região, das rotas possíveis e da intensidade do tráfego, fatores essenciais para melhoria da eficiência do tempo de deslocamento (SILVA,2010).

Uma vez estabelecida a rota de resgate, a equipe é enviada para o atendimento até a vítima por meio de informações corretas sobre a localização da ocorrência, reduzindo assim, o tempo da prestação do socorro. Contudo, a orientação desta informação deve ser repassada ao condutor do veículo de socorro, logo após a ordenação médica.

Após realizar os procedimentos no local, se necessário, define-se o hospital de destino para o transporte do paciente. Se for preciso a realização de assistência durante o transporte, a velocidade de deslocamento do veículo deve ser reduzida. É importante que as ambulâncias sejam bem dimensionadas, com os profissionais em posição adequada para as manobras, distribuição racional dos materiais e equipamentos, e socorristas bem treinados quanto aos procedimentos durante a movimentação. Tais medidas não modificam o tempo de resposta, mas elevam a eficiência do socorro prestado (SILVA, 2010).

Por meio do mapa de eixos georeferenciado contendo as informações imprescindíveis ao atendimento, tais como localização da central do SAMU, dos hospitais e dos bairros de Juazeiro-BA, foi possível realizar a roteirização, utilizando a ferramenta *Network Analyst* do *ArcGIS®*. Alimentando o *software* com os dados necessários, obteve-se a simulação da rota de resgate e da rota de encaminhamento ao hospital, visando à redução do tempo e da distância percorrida no atendimento a vítima, elucidando a facilidade de roteirização por meio do *software*.



Figura 18 - Rotas de resgate gerada no bairro Pedra do Lord, apresentada com auxílio do *ArcGIS®*.

Fonte: Produzido pelo autor

A Figura 18 acima, mostra a localização de uma ocorrência no bairro Pedra do Lord, em Juazeiro-BA, com auxílio do *software ArcGIS®*. Pode ser observada a

rota viável para atendimento do chamado, levando em consideração a distância a ser percorrida, que foi de 5772m entre a central do SAMU e o local do chamado, sendo o paciente enviado para a Maternidade Municipal de Juazeiro percorrendo mais 3673m.

4.2 Área de cobertura

O ArcGIS calcula a área de serviço para um ponto específico em uma rede, incluindo todas as ruas e bairros que podem ser alcançadas dentro do espaço de tempo, a partir desse ponto central específico e o espaço que a ambulância percorreria em um intervalo de tempo, podendo ser observado no mapa da área em forma de polígono representado pelas figuras a seguir.

De acordo com Tani (2003), o atendimento dos chamados no intervalo de 0 a 5 minutos, é o tempo ideal, para a realização da rota de resgate (este é tempo da ambulância em trânsito, para realizar o resgate, sem condução ao hospital).

Diante destas observações, o conhecimento da área de cobertura é importante para atualização espacial quanto ao conhecimento das rotas de resgates dos chamados. A área de cobertura do SAMU/Juazeiro em função da distância a uma velocidade de 70km/h, pode ser observada na Figura 19.

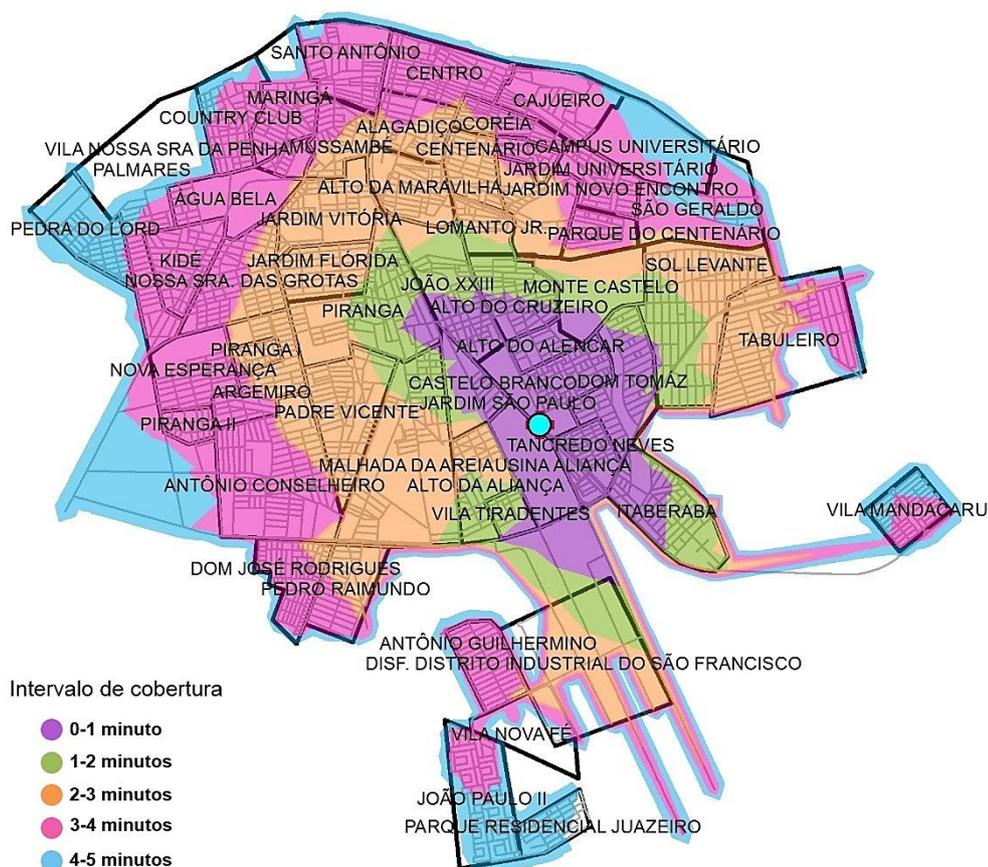


Figura 19 - Área de cobertura a 70km/h, representação no ArcGIS®

Fonte: Produzido pelo autor

Segundo entrevista realizada, os motoristas consideram 70km/h a velocidade média garantida ao longo de todo o percurso, no dia-a-dia das ocorrências. É sabido, porém, que esta velocidade é visionária, pois existem fatores como o fluxo do trânsito que alteram a velocidade das ambulâncias.

A velocidade média real estimada para o deslocamento e atendimento dos pacientes é 35km/h. Esta velocidade leva em consideração as paradas realizadas nos sinais de trânsito, as reduções de velocidade ao longo do percurso, os caminhos obstruídos, entre outros. A área de cobertura que atende a esta velocidade pode ser observada na Figura 20.

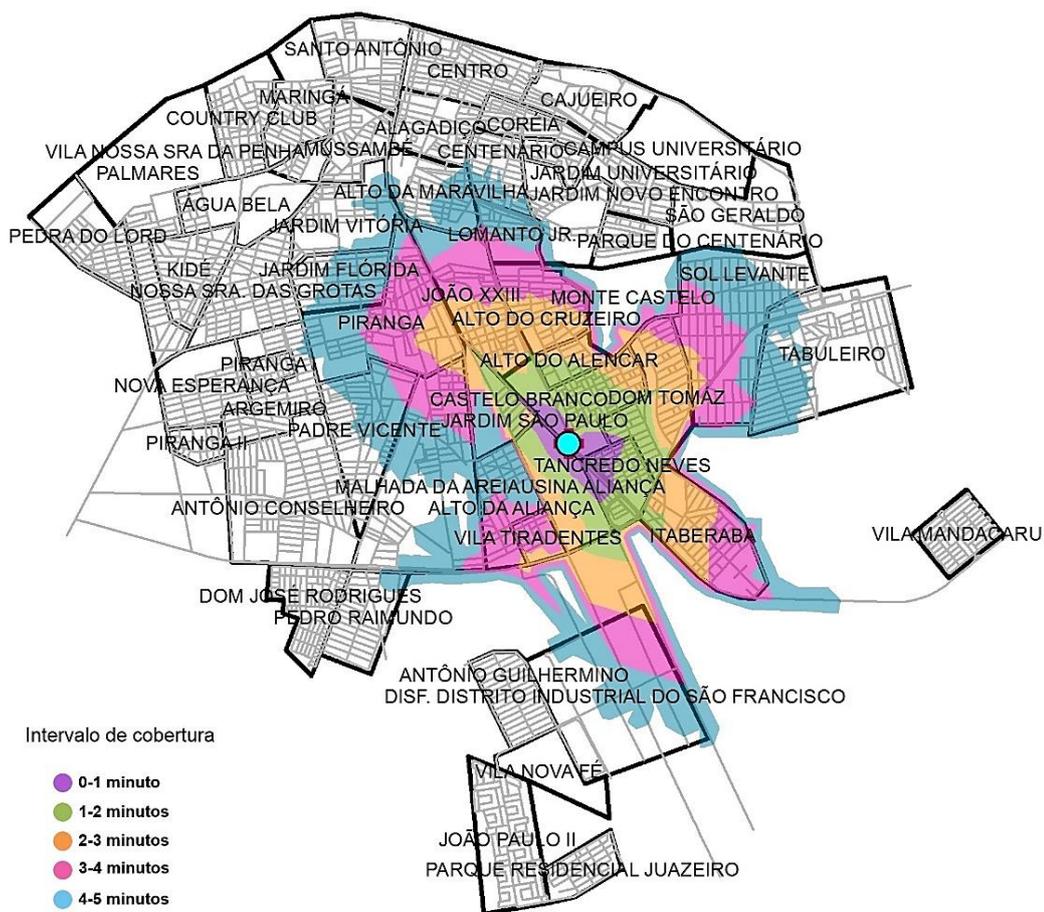


Figura 20 - Área de cobertura a 35 km/h, representação no ArcGIS®

Fonte: Produzido pelo autor

Quando a análise de atendimento é feita com criticidade, ou seja, analisando a velocidade média passível de utilização, em média 35km/h, observa-se que a área de atendimento aos chamados, dentro do tempo mínimo de 5 minutos, é reduzida consideravelmente, conforme visto na Figura 20.

Na busca por identificar a localização ideal para a central do SAMU/Juazeiro, através do *software* ArcGIS® foi criada uma camada de análise de localização-alocação do **Network Analyst**, barra de ferramentas **New Location-Allocation**, conforme será elucidado no próximo tópico.

4.3 Determinação da localização em função dos chamados

Quando alguém liga solicitando uma ambulância, espera-se que a mesma virá em seu auxílio quase que instantaneamente. Contudo, o tempo resposta, como bem discutido, depende consideravelmente da distância existente entre o paciente e a ambulância. Logo, o objetivo essencial para determinar os melhores locais para as centrais de regulação é maximizar o alcance das ambulâncias a um maior número de pessoas dentro de um tempo mínimo definido. A questão a ser resolvida é: Onde é preciso alocar instalações de centrais, de modo que o maior número de pessoas da comunidade possa ser alcançado dentro de cinco minutos?

Após a análise da distribuição acumulada dos motivos de chamados do SAMU/Juazeiro, o próximo passo constituiu-se na identificação da localização ideal para a Central de Regulação. A ideia inicial foi utilizar o *software ArcGIS®* para encontrar o centro de gravidade em função dos 90% de chamados mais recorrentes e dos bairros atendidos.

O método do Centro de Gravidade, de acordo com Bowersox e Closs (2001), é uma técnica analítica empregada em problemas de localização para encontrar uma instalação neste centro, o qual pode ser o centro de peso, o centro de distância, o centro combinado de peso-distância, ou ainda, o centro combinado de peso-tempo-distância em uma determinada região de atuação, para selecionar a alternativa de menor custo.

Para cada uma das 18.351 chamadas foi identificado o bairro onde aconteceu a ocorrência. No banco de dados estudado foram contemplados 45 bairros com ocorrência de atendimento do SAMU, representando uma cobertura de 86% dos atendimentos registrados (o registro de atendimentos tem aproximadamente 21461 atendimentos registrados).

A Figura 21, simula a possível localização para a Central de Regulação, a fim de atender de maneira igualitária todos os chamados no município de Juazeiro-BA, a saber, no bairro João XXIII, a aproximadamente 600m de distância da localização atual, o que comprova o posicionamento adequado do SAMU para os atendimentos

na cidade de Juazeiro, considerando a margem de erro aceitável para a sua localização atual.

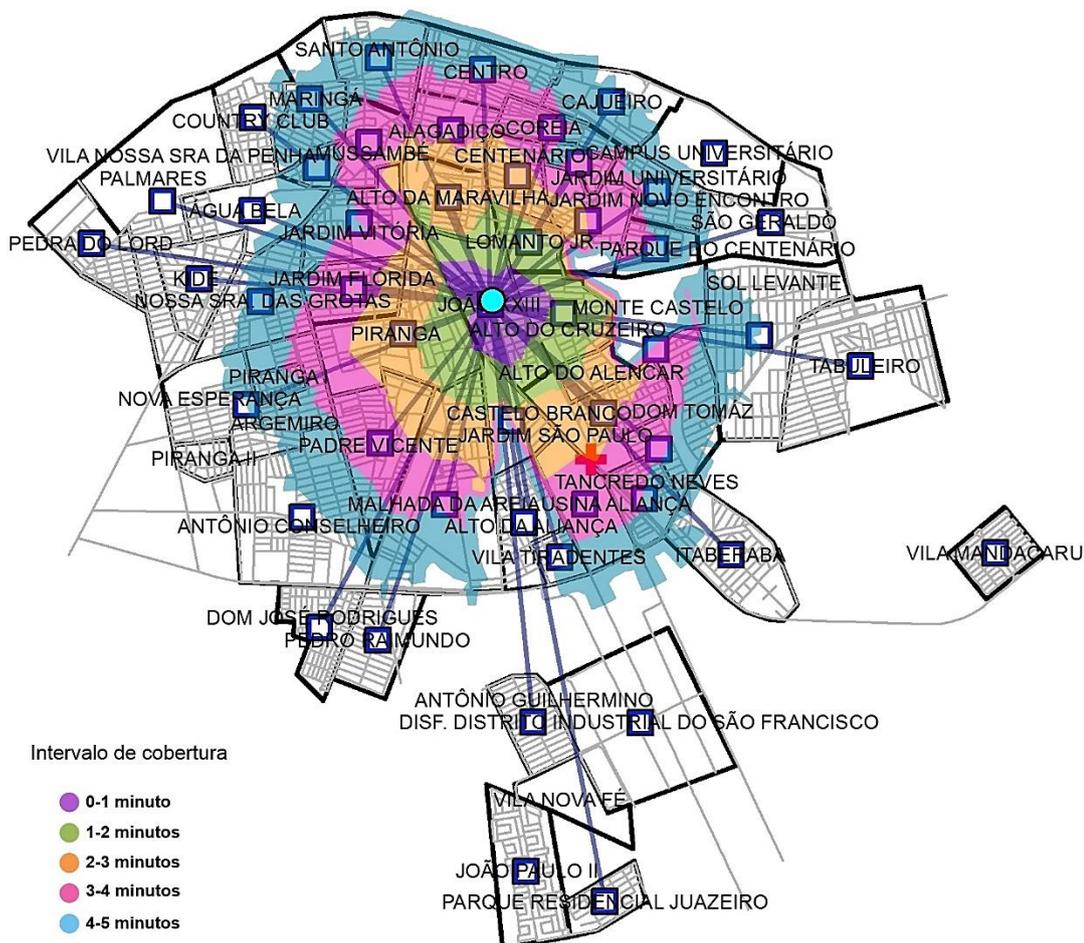


Figura 21 - Área de cobertura com ambulâncias em um ponto estratégico

Fonte: Produzido pelo autor

Outros cenários foram estudados, com o objetivo de otimizar o atendimento aos chamados, como pode ser observado nas Figura 22 e Figura 23.

A Figura 22 nos mostra a localização estratégica de uma Central de Atendimento no bairro Vila Tiradentes e de uma ambulância no bairro Alto da Maravilha, prontas para o atendimento aos chamados de forma mais eficiente. Como visto antes, simulando a construção de uma central, a localização da atual Central de Regulação permanece viável. Pode também ser observada à área de cobertura

quanto à localização da ambulância e a permanência da Central de Regulação no bairro Castelo Branco.

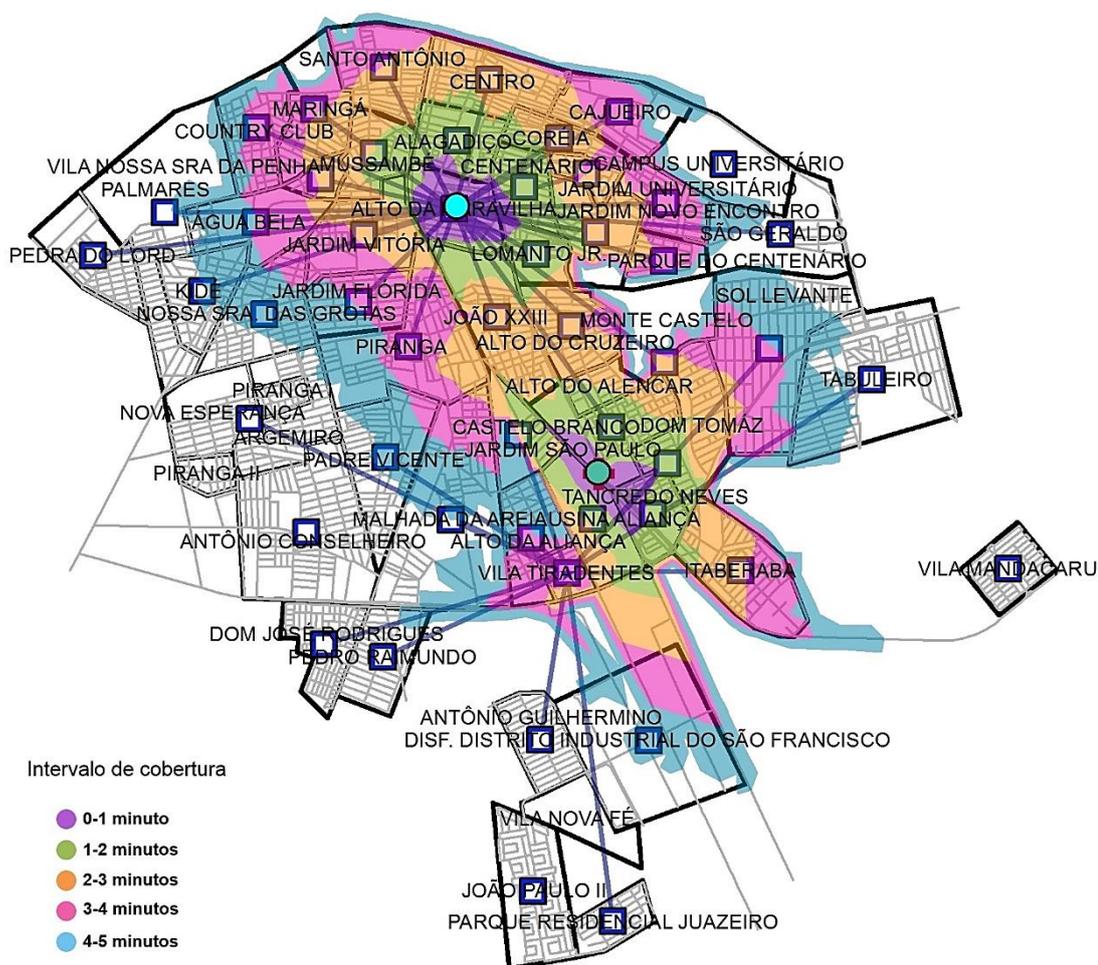


Figura 22 - Área de cobertura com ambulâncias em dois pontos estratégicos

Fonte: Produzido pelo autor

Na Figura 23 temos a situação ideal para a localização estratégica de duas ambulâncias, uma no bairro Centro, outra no Piranga, pontos críticos de atendimento e uma Central de Regulação. São vistas também, as áreas de cobertura, criadas pelo Analista de Rede, que auxiliam na avaliação da acessibilidade no intervalo de tempo de 0 a 5 minutos, por meio das camadas de polígonos observadas.

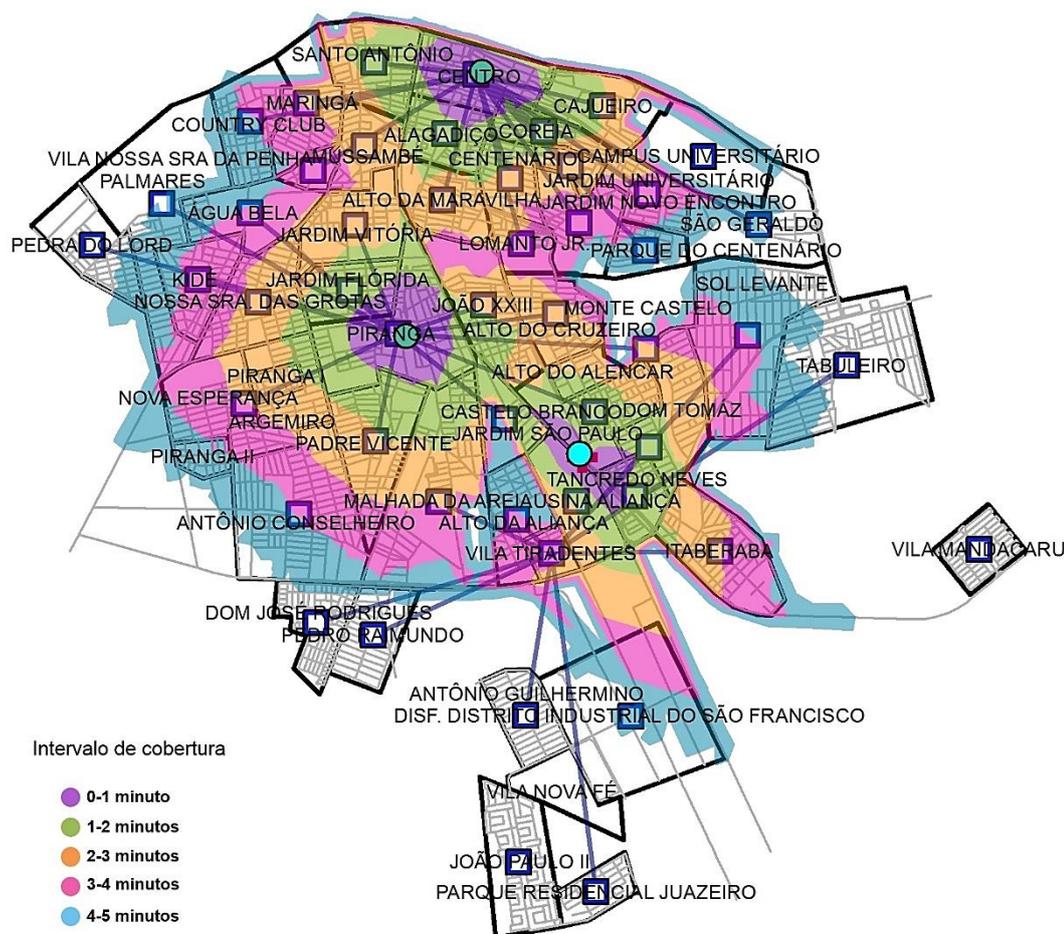


Figura 23 - Área de cobertura com ambulâncias em três pontos estratégicos

Fonte: Produzido pelo autor

A simulação leva em consideração a velocidade média de 35 km/h, a depender da situação de urgência ou emergência e dos demais fatores acima citados, essa velocidade pode ser alterada, otimizando o tempo de atendimento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresentará as conclusões obtidas a partir do desenvolvimento do presente estudo. Serão propostas recomendações para futuros estudos nesta área, que visam complementar e, por conseguinte, aperfeiçoar os resultados obtidos na elaboração deste trabalho.

5.1 Conclusões

Os conceitos de logística e do geoprocessamento podem ser aplicados em diversos setores, em especial na prestação do Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU), por se tratar de um serviço com grande aleatoriedade, que presta socorro pré-hospitalar móvel às pessoas vítimas de acidente ou que adquiriram alguma patologia, passível ao sofrimento ou até mesmo à morte, independente do lugar que se encontre.

A integração de recursos tecnológicos disponíveis (*softwares*) busca propor condições adequadas para que os profissionais que atuam no atendimento de ocorrências de Urgência e Emergência possam exercer suas atividades de modo eficiente e seguro. Neste sentido, este trabalho teve por objetivo propor cenários de melhorias na prestação deste serviço, além de utilizar o *software ArcGIS®* no auxílio a localização do SAMU e dos hospitais ou clínicas que atendam as especialidades desejadas, calculando a rota referenciada.

Diante do exposto, foi possível analisar a prestação do serviço de atendimento do SAMU/Juazeiro, sendo plausível inferir que para um desenvolvimento eficiente na prestação do mesmo, devem-se considerar diversos fatores, como: quantidade e o posicionamento das bases de operação do sistema, o número de ambulâncias de cada tipo (básica e avançada), os aspectos relacionados a geografia, horário, trânsito, dentre outros. A administração correta desses fatores geram resultados positivos no atendimento aos chamados e na redução de custos governamentais.

A partir de uma pesquisa empírica, buscou-se por meio do auxílio da ferramenta *ArcGIS®* criar uma base georreferenciada da cidade de Juazeiro/BA, esta agrega características relevantes que facilitaram estabelecer relação entre

usuário e bancos de dados disponível. O banco de registros coletados no SAMU, passou por triagens e a padronização dos dados, que facilitaram a interface com o software. As análises foram feitas para os chamados “atendimento”, referentes à primeira rota percorrida pela ambulância entre o SAMU e o local do incidente.

Foi possível alcançar o objetivo de preparação da base de dados georeferenciada contendo as ruas da Cidade de Juazeiro-BA, permitindo uma análise por meio da ferramenta **Network Analyst** do software *ArcGIS®*.

Os resultados obtidos com o estudo da área de serviço mostram que apesar de não utilizar o georeferenciamento como técnica para auxiliar a localização da Central de Regulação da cidade de Juazeiro, a escolha feita, levando em consideração o aspecto de atendimento regional, foi aceitável, ficando apenas a uma distância de 600 metros da localização ideal, encontrada com auxílio do software *ArcGIS® v10*.

Atualmente o SAMU opera, com uma Central de Regulação que atende toda a cidade de Juazeiro e região. Com a simulação de cenários na busca por otimizar este serviço, foi possível avaliar a forma de distribuição das ambulâncias, sendo possível chegar a um número equilibrado de ambulâncias alocadas em bases de operação de forma estratégica, fator que contribui de forma categórica para redução do tempo de resposta do SAMU.

5.2 Recomendações

O sistema de atendimento móvel de urgência é caracterizado pela aleatoriedade combinada ao tempo de processamento das diversas funções, que fazem parte de todas as operações desenvolvidas diariamente no sistema, com variações mesmo em atividades aparentemente padronizadas. Uma vez mensuradas estas atividades, a exemplo do processo de regulação médica, percebe-se, claramente a variação de acordo com o tipo de incidente e análise do profissional que realiza o atendimento, frente à decisão quanto à necessidade do envio ou não de ambulância.

Considerando as características variáveis deste tipo de serviço, recomenda-se para trabalhos futuros, a utilização de conceitos de simulação na formulação,

avaliação e/ou definição de cenários, baseados em métodos heurísticos, que visem a diminuição do tempo computacional percorrido no envio das ambulâncias, buscando reduzir o tempo de resposta.

O aperfeiçoamento desse estudo pode ser feito através da atualização dos sentidos das vias, acréscimos de semáforos, fechamento de vias e pavimentação de vias e/ou acompanhamento direto das operações de resgate em diferentes dias e horários para a definição de valores mais precisos da velocidade média usual no percurso de resgate.

Outro estudo que poderia ser desenvolvido nesta temática seria a utilização de um sistema de apoio à decisão que registrassem os chamados, visando à padronização e clareza de relatórios, o qual abrangeria o uso de protocolos que auxiliassem o regulador a definir a gravidade do trauma da vítima e a troca de dados entre a central de regulação, ambulâncias e hospitais.

A aplicação desse estudo também pode ser replicada em outros serviços públicos, como por exemplo, a coleta de lixo, serviço policial e do corpo de bombeiros, adaptando a análise dos cenários a necessidade de cada serviço.

REFERÊNCIAS

ABEPRO. **Áreas da Engenharia de Produção**, 2008. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/interna.asp?c=362>> Acesso em: 25 jan.2013.

ANDRADE, E. L. **Introdução a Pesquisa operacional**: métodos e modelos para análise de decisões. 3 ed. Rio de Janeiro: LTC editora, 2002.

ANDRADE, M. M. **Introdução à metodologia do trabalho científico**. 9 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

ARENALES, M.; ARMENTANO, A. V.; MORABITO, R.; YANASSE, H. H. **Pesquisa operacional**: para cursos de engenharia. Rio de Janeiro: Campus/Elsevier, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE LOGÍSTICA. Disponível em: <<http://www.aslog.org.br>>. Acesso em: 30 nov. 2010.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos**: logística empresarial. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BALLOU, R. H. **Logística empresarial**: transportes, administração de materiais e distribuição física. São Paulo: Atlas, 1993.

BARBOSA, C. C. F. **Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - INEP. São José dos Campos. INEP, 1997.

BELFIORE, P. P.; YOSHIZAKI, H. T. Y. Scatter search para problemas de roteirização de veículos com frota heterogênea, janelas de tempo e entregas fracionadas. **Produção**, São Paulo, v. 16, n. 3, p. 455-469, 2006.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Política nacional de Atenção às Urgências**. 3 ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL. Portaria GM/MS n.º 2048, de 5 de novembro de 2002. Regulamenta o atendimento das urgências e emergências. **Diário Oficial da União**, 05 de novembro de 2002. Brasília: 2002. Disponível em: <
<http://dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2002/Gm/GM-2048.htm> >. Acesso em: 14 mar. 2013.

_____. Portaria GM/MS nº 1.010, de 21 de maio de 2012. Redefine as diretrizes para a implantação do Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU 192) e sua Central de Regulação das Urgências, componente da Rede de Atenção às Urgências. **Diário Oficial da União**, 21 de maio de 2012. Brasília: 2012. Disponível em:
< http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2012/prt1010_21_05_2012.html >. Acesso em: 05 mar. 2013.

_____. Portaria GM/MS nº 1.864, de 29 de setembro de 2003. Institui o componente pré-hospitalar móvel da Política Nacional de Atenção às Urgências, por intermédio da implantação de Serviços de Atendimento Móvel de Urgência em municípios e regiões de todo o território brasileiro: SAMU- 192. **Diário Oficial da União**, 29 de setembro de 2003. Brasília: 2003. Disponível em: < <http://dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2003/GM/GM-1864.htm> >. Acesso em: 14 mar. 2013.

_____. Portaria GM/MS nº 814, de 01 de junho de 2001. Estabelece o conceito geral, os princípios e as diretrizes da Regulação Médica das Urgências. **Diário Oficial da União**, 01 de junho de 2001. Brasília: 2001. Disponível em: <
<http://dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2001/GM/GM-814.htm> >. Acesso em: 15 mar. 2013.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **SAMU - Serviço de atendimento móvel de urgência**. Disponível em: <
http://portal.saude.gov.br/portal/aplicacoes/faq/faqcategoria.cfm?idcat=194&idq_uest=2318 >. Acesso em: 04 mar. 2013.

BRASIL. Portaria GM/MS nº 1.863, de 29 de setembro de 2003. Institui a Política Nacional de Atenção às Urgências a ser implantada em todas as unidades federadas, garantindo a universalidade, integralidade e equidade no atendimento às urgências de todas as naturezas. **Diário Oficial da União**, 29 de setembro de 2003. Brasília: 2003. Disponível em: <
<http://dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2003/GM/GM-1863.htm> > Acesso em: 14 mar. 2013.

CÂMARA, G. **Desenvolvimento de sistemas de informação geográfica no Brasil: desafios e oportunidades.** In: Semana de Geoprocessamento do Rio de Janeiro. Palestra. Rio de Janeiro, 1996.

CÂMARA, G. **Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Bancos de Dados Geográficos.** Tese (Doutorado em Computação Aplicada) -281f. São José dos Campos, SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 1995. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/teses/gilberto/cap2.pdf>>. Acesso em: 06 mar. 2013.

CARVALHO NETO, J. F. **Otimização de rotas com o auxílio de uma plataforma SIG-T no Serviço de atendimento móvel de urgência - SAMU/ João Pessoa.** 2008. 190 f.: Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia, João Pessoa, 2008. Disponível em:<http://bdtd.biblioteca.ufpb.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=398>. Acesso em: 13 jun. 2013.

CASTRO, M. C. de. **O que é o ArcGIS?** 2006. Disponível em: < <http://igeo-server.igeo.ufrj.br/fronteiras/geodicas/index.php?action=artikel&cat=4&id=155&artlang=pt-br>>. Acesso em: 13 mar. de 2013.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; SILVA, R. **Metodologia científica.** 6 ed. São Paulo: Pearson Pretice Hall, 2007.

CUNHA, C. B. Aspectos práticos da aplicação de modelos de roteirização de veículos a problemas reais. **Transportes**, v. 8, n. 2, 2000.

DAVIS, C.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. **Introdução à ciência da geoinformação.** INPE, São José dos Campos: São Paulo, 2001. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em: 06 mar. 2013.

DESTRI JUNIOR, J.; VALENTE, A. M. A logística no serviço de atendimento móvel de urgência (SAMU). In: XXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ENEGEP 2005, p. 4526-4532, Porto Alegre, 2005. **Anais eletrônicos.** Porto Alegre: PUCRS, 2005. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2005_Enegep0902_1716.pdf> Acesso em: 13 de jun. de 2013

FLEURY, P. F.; FIGUEIREDO, K. F.; WANKE, P. **Logística empresarial: a perspectiva brasileira.** São Paulo: Atlas, 2000.

FRANCELINO, M. R. **Introdução ao geoprocessamento**. Caratinga: [s. n.], 2003. Disponível em: <http://correio.fdvmg.edu.br/downloads/SemanaAcademica2007/MC05_SIG/INTRODU%C7%C3O_GEOPROCESSAMENTO.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2013.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

HOLANDA, J. L. R. **Desenvolvimento de um banco de dados georeferenciados (SIG) para informações geológicas disponíveis do domínio Ceará central**. 2008. 74f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal do Ceara, Centro de Ciências, Fortaleza, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores sociodemográficos prospectivos para o Brasil 1991-2030**. Projeto UNFPA/Brasil (BRA/02/P02). Rio de Janeiro, 2006.

_____. **Pesquisa de informações básicas municipais**: perfil dos municípios brasileiros. Gestão Pública, 2011. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://loja.ibge.gov.br/perfil-dos-municipios-brasileiros-2011.html>> Acesso em: 22 fev. 2013.

_____. **Pesquisa Nacional de Saúde do Escolar (PeNSE) 2009**. Rio de Janeiro: IBGE; 2009. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/pense/pense.pdf>>. Acesso em: 22 fev. 2013.

_____. **IBGE Cidades**: Juazeiro/BA. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=291840>>. Acesso em: 22 fev. 2013.

INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS APLICADAS. **Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras**. Brasília: DENATRAN, 2009.

LAKATOS, E. M. MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia Científica**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2005.

LAPORTE, G.; GENDREAU M.; POTVIN J.Y. SEMENT F. Classical and modern heuristics for the vehicle routing problem, **International Transactions in Operational Research**, v.7, n. 4/5, 2000. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1475-3995.2000.tb00200.x/abstract>>. Acesso em: 20 mar. 2013.

LAUDON, K. C.; LAUDON, J.P. **Sistemas de Informação Gerenciais: administrando a empresa digital**. São Paulo: Pretice Hall, 2004.

LEITE, P. R. **Logística Reversa: meio ambiente e competitividade**. São Paulo: Prentice Hall, 2009.

LOPES S. L. B.; FERNANDES R. J. Uma breve revisão do atendimento médico pré-hospitalar. **Medicina**. Ribeirão Preto, n. 32p. 381-387,1999. Disponível em:<http://www.pmrp.com.br/ssaude/programas/samu/neupdf/revisao_atendimento.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2013.

MACHADO, J. J. **Serviço de Atendimento Móvel de Urgência - SAMU/192: o enfermeiro diante do atendimento pré-hospitalar**. 2007. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Enfermagem) - Faculdade Assis Gurgacz. Cascavel, 2007. Disponível em: <http://www.fag.edu.br/tcc/2007/Enfermagem/servico_de_atendimento_movel_d_e_urgencia_samu_192_o_enfermeiro_diante_do_atendimento_pre_hospitalar.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2013.

MARINS, F. A. S. **Introdução à Pesquisa Operacional**. São Paulo: Editora Cultura Acadêmica, 2011.

MIRANDA, J.I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2010.

NOVAES, A. G. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição: estratégia, operação e avaliação**. 2 ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

OLIVEIRA, E. A.Otimização da localização das bases de operação do serviço de atendimento móvel de urgência - SAMU/BH através do uso de técnicas de geoprocessamento-OPTIMIZATION OF MOBILE ATTENDING SERVICE OPERATION BASIS LOCATION FOR URGENCY SAMU-BH THROUGH THE USE OF GEOPROCESSING TECHNIQUES. **Caminhos de Geografia**, v. 9, n. 26, 2008.

OLIVEIRA, M. M. **O uso dos softwares como ferramenta de roteirização:** um estudo de caso sobre o uso e manuseio do *software* de roteirização em empresas de transporte rodoviário de carga. 2009. 82f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Faculdade de Tecnologia da Zona Leste. São Paulo, 2009.

PAULA, M. A. A. F. **Estudo de roteirização de veículos empregando o TransCAD:** contribuição para a distribuição urbana de cargas. 2009. 104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.

PEREIRA, G. C.; SILVA, B. C. N. **Geoprocessamento e urbanismo:** teoria, técnica, espaço e atividades. Temas de geografia contemporânea. Rio Claro: Unesp, p. 97-137, 2001.

ROSSETTO, C. F. **Geoprocessamento para roteirização de veículos.** LOGIT - Logística, Informática e Transportes Ltda. 2009. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/artigos/marketing/geoprocessamento-para-roterizacao-de-veiculos/29589/>>. Acesso em: 18 mar. 2013.

SILVA, P. M. S. **Análise do serviço de atendimento móvel de urgência (SAMU) de belo horizonte via simulação e otimização.** 2010. 121f. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

SILVA, T. I.; RODRIGUES, S. C. Elaboração de um Tutorial de Cartografia Geomorfológica como Alternativa para o Ensino de Geomorfologia/*Development of a Geomorphological Cartography Tutorial as Alternative to Teaching Geomorphology*. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 3. 2009