

**CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL  
DEPARTAMENTO DE ENSINO, PESQUISA, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DIRETORIA DE ENSINO  
ACADEMIA DE BOMBEIRO MILITAR  
“Coronel Osmar Alves Pinheiro”  
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS**

**CAD. LORRANE SILVEIRA PIRES**



**ANCORAGENS EM MEIOS DE FORTUNA:  
SEGURANÇA NA PRÁTICA DO SALVAMENTO EM ALTURA**

**BRASÍLIA  
2021**

**CAD. LORRANE SILVEIRA PIRES**

**ANCORAGENS EM MEIOS DE FORTUNA:  
SEGURANÇA NA PRÁTICA DO SALVAMENTO EM ALTURA**

Monografia apresentada à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso como requisito para conclusão do Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal.

Orientador: MAJ. QOBM/Comb. ESTEVÃO LAMARTINE NOGUEIRA **PASSARINHO**

**BRASÍLIA  
2021**

CAD. LORRANE SILVEIRA PIRES

**ANCORAGENS EM MEIOS DE FORTUNA:  
SEGURANÇA NA PRÁTICA DO SALVAMENTO EM ALTURA**

Monografia apresentada à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso como requisito para conclusão do Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal.

Aprovado em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA:**

---

ALBERTO WESLEY **DOURADO** DE SOUZA – Ten-Cel. QOBM/Comb.  
**Presidente**

---

LUIZ HENRIQUE **ROSSI** SANTIAGO – Maj. QOBM/Comb.  
**Membro**

---

ZILTA DIAS PENNA MARINHO – Professora  
**Membro**

---

ESTEVÃO LAMARTINE NOGUEIRA **PASSARINHO** – Maj. QOBM/Comb.  
**Orientador**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus por ter me guiado até aqui, iluminado meu caminho e me dado forças para continuar diariamente.

Agradeço aos meus pais pelo apoio e paciência infinitos, sempre dispostos a me ajudar com qualquer coisa, sem medir esforços. Os senhores são meus alicerces e exemplo máximos de dedicação e amor. Muito obrigada por serem quem são e me ensinarem tanto.

Meu muito obrigada também às minhas irmãs e sobrinhas por me auxiliarem, mesmo com minha ausência durante essa trajetória que me exigiu dedicação integral. Ainda que, por vezes, distantes eu sei que com vocês eu posso contar a todo tempo, e isso me deu e dá força para continuar.

Agradeço muito ao meu companheiro de vida, Sérgio, que com mansidão soube ser paciente e me amparar nos meus piores momentos durante essa trajetória e me incentivou diariamente. Você foi essencial para o sucesso e conclusão desse curso. Obrigada!

Agradeço ao meu orientador, Sr. Maj. Passarinho, por todo auxílio nas pesquisas, pelo tempo e paciência nos testes e pela boa vontade em fazer desta pesquisa um estudo de valor para a Corporação.

Por fim agradeço a cada membro da Turma 39 por me ensinarem tanto sobre pessoas e convivência. Toda troca foi válida e o suporte, que demos uns aos outros, necessário para que concluíssemos com louvor uma das fases mais difíceis das nossas vidas.

## RESUMO

Este trabalho analisou a segurança das ancoragens em meios de fortuna utilizadas pelo CBMDF na prática da atividade de salvamento em altura, a fim de identificar quais são seguras segundo as normas EN 795:2012, NR 18 e NBR 16325-1. As ancoragens em meios de fortuna comumente utilizadas pelo CBMDF são: com estaca padrão, estacas múltiplas com pontas de eixo, natural e em veículos. Para testá-las tracionou-se cada uma cinco vezes com um guincho manual de alavanca e mediu-se a carga com um dinamômetro. As ancoragens que resistiram a carga de 1.200 kgf por três minutos nos cinco testes foram consideradas seguras. Já para as ancoragens que cederam, foi feito um cálculo com base na ferramenta estatística *3-sigma* para delimitar o intervalo de carga que a ancoragem suporta em 99,73% dos casos. Foram consideradas seguras as ancoragens: com estaca padrão com 60cm de profundidade, com estaca dupla com pontas de eixo em linha em solo seco, com estaca tripla com pontas de eixo em solo seco, natural em árvore e em veículo tipo UR ou mais robusto em asfalto. Atenderam ao padrão mínimo de segurança de 10:1 aceito pelo CBMDF para 90 kg as ancoragens: com estaca dupla com pontas de eixo em paralelo e em veículo tipo UR na roda traseira em terra. Atenderam ao padrão mínimo de segurança de 10:1 aceito pelo CBMDF para 80 kg as ancoragens: com estaca simples com ponta de eixo encravada de 0 a 30° opostos a tração e encravada no mínimo 45 cm em solo seco e em veículo tipo AR na roda traseira em asfalto. Foram consideradas inseguras as ancoragens: com estaca simples com ponta de eixo encravada menos de 45 cm em solo seco, com estaca simples com ponta de eixo em solo úmido, em veículo tipo AR na roda dianteira em asfalto, em veículo tipo AR em terra e em veículo utilizando os ganchos frontais.

**Palavras-chave:** Salvamento em altura; Ancoragem; Meio de fortuna; Segurança; CBMDF.

## **ABSTRACT**

*This work analyzed the safety of anchors in means of fortune used by the CBMDF in the practice of rescue activities at heights, in order to identify which ones are safe according to EN 795:2012, NR 18 and NBR 16325-1. The anchors in media of fortune commonly used by the CBMDF are: with standard pile, multiple pile with stub axles, natural and in vehicles. To test them, each one was pulled five times with a manual lever winch and the load was measured with a dynamometer. Anchorages that withstood a load of 1,200 kgf for three minutes in the five tests were considered safe. As for the anchors that yielded, a calculation was made based on the 3-sigma statistical tool to delimit the load range that the anchor supports in 99.73% of the cases. Anchorages were considered safe: with standard pile 60cm deep, with double pile with axle ends in line in dry soil, with triple pile with axle ends in dry soil, natural in tree and in UR type vehicle or more robust in asphalt. The anchorages met the minimum safety standard of 10:1 accepted by the CBMDF for 90.0 kg: with double pile with axle ends in parallel and in UR-type vehicle in the rear wheel on land. The anchorages met the minimum safety standard of 10:1 accepted by the CBMDF for 80.0 kg: with a single pile with stub axle wedged from 0 to 30° opposite traction and wedged at least 45 cm on dry ground and in a vehicle type AR on the asphalt rear wheel. Anchorages were considered unsafe: with a single pile with stub axle embedded less than 45 cm in dry soil, with a single pile with stub axle in wet soil, in a vehicle type AR on the front wheel on asphalt, in a vehicle type AR on land and in vehicle using the front hooks.*

**Keywords:** *Rescue at height; Anchoring; Means of fortune; Safety; CBMDF.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ancoragem com estaca padrão horizontal .....	24
Figura 2 - Ancoragem com estaca padrão vertical .....	25
Figura 3 - Ancoragem estacas múltiplas com uma ponta de eixo.....	26
Figura 4 - Estal com uma ponta de eixo .....	26
Figura 5 - Ancoragem estacas múltiplas com 2 pontas de eixo em linha .....	27
Figura 6 - Ancoragem estacas múltiplas com 2 pontas de eixo em paralelo ..	27
Figura 7 - Ancoragem estacas múltiplas com 3 pontas de eixo e alavanca ...	28
Figura 8 - Ancoragem estacas múltiplas com pontas de eixo sem alavanca ..	28
Figura 9 - Ancoragem natural direta .....	29
Figura 10 - Ancoragem natural indireta.....	30
Figura 11 - Ancoragem em veículos - ganchos frontais.....	31
Figura 12 - Ancoragem em veículos - roda.....	31
Figura 13 - Ancoragem Classe A.....	33
Figura 14 - Ancoragem Classe B.....	33
Figura 15 - Ancoragem Classe C.....	34
Figura 16 - Ancoragem Classe D.....	34
Figura 17 - Ancoragem Classe E.....	34
Figura 18 - Quadro-resumo da classificação metodológica da pesquisa.....	39
Figura 19 - Ancoragem com estaca padrão 60 cm .....	40
Figura 20 - Ancoragem com estaca padrão 45 cm .....	41
Figura 21 - Ancoragem com estaca padrão 30 cm .....	41
Figura 22 - Ancoragem com estaca padrão 60 cm após ceder .....	42
Figura 23 - Ancoragem com estaca padrão 45 cm após ceder .....	43
Figura 24 - Estaca simples 0° .....	46
Figura 25 - Estaca simples leve angulação .....	47
Figura 26 - Estaca simples 30 cm de profundidade.....	47
Figura 27 - Estaca simples no solo úmido .....	48
Figura 28 - Vergalhão após 1.000 kgf de tração.....	49
Figura 29 - Estaca dupla em paralelo .....	54
Figura 30 - Estaca dupla em paralelo após a tração - avanço desigual .....	54
Figura 31 - Estaca dupla em linha .....	55
Figura 32 - Estaca tripla.....	57

Figura 33 - Ancoragem natural - árvore de 15 cm de diâmetro .....	59
Figura 34 - Árvore de 15 cm de diâmetro .....	60
Figura 35 - Amarração mais estável .....	62
Figura 36 - Amarração menos estável .....	62
Figura 37 - UR em asfalto - roda traseira.....	63
Figura 38 - AR em asfalto - roda traseira.....	64
Figura 39 - AR em asfalto - roda dianteira .....	64
Figura 40 - AR em asfalto - ganchos frontais.....	65
Figura 41 - UR em terra - roda dianteira .....	71
Figura 42 - UR em terra - roda traseira.....	71
Figura 43 - AR em terra - roda dianteira .....	72
Figura 44 - AR em terra - roda traseira .....	72

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Testes estaca padrão 60 cm.....	43
Tabela 2 - Resultado estaca padrão 60 cm .....	44
Tabela 3 - Testes estaca padrão 45 cm.....	44
Tabela 4 - Resultado estaca padrão 45 cm .....	44
Tabela 5 - Testes estaca padrão 30 cm.....	45
Tabela 6 - Resultado estaca padrão 30 cm .....	45
Tabela 7 - Comparativo configurações estaca simples.....	49
Tabela 8 - Testes estaca simples 0° .....	50
Tabela 9 - Resultado estaca simples 0°.....	50
Tabela 10 - Testes estaca simples leve angulação .....	51
Tabela 11 - Resultado estaca simples leve angulação .....	51
Tabela 12 - Testes estaca simples 30 cm de profundidade.....	52
Tabela 13 - Resultado estaca simples 30 cm de profundidade .....	52
Tabela 14 - Testes estaca simples no solo úmido .....	53
Tabela 15 - Resultado estaca simples no solo úmido.....	53
Tabela 16 - Testes estaca dupla em paralelo .....	56
Tabela 17 - Resultado estaca dupla em paralelo.....	56
Tabela 18 - Testes estaca dupla em linha .....	56
Tabela 19 - Resultado estaca dupla em linha.....	57
Tabela 20 - Testes estaca tripla.....	58
Tabela 21 - Resultado estaca tripla .....	58
Tabela 22 - Testes árvore de 15 cm de diâmetro .....	61
Tabela 23 - Resultado árvore de 15 cm de diâmetro.....	61
Tabela 24 - Comparativo ancoragens em veículos em asfalto .....	66
Tabela 25 - Testes UR em asfalto - roda dianteira .....	66
Tabela 26 - Resultado UR em asfalto - roda dianteira .....	67
Tabela 27 - Testes UR em asfalto - roda traseira .....	67
Tabela 28 - Resultado UR em asfalto - roda traseira.....	67
Tabela 29 - Testes AR em asfalto - roda dianteira .....	68
Tabela 30 - Resultado AR em asfalto - roda dianteira .....	68
Tabela 31 - Testes AR em asfalto - roda traseira .....	69
Tabela 32 - Resultado AR em asfalto - roda traseira .....	69

Tabela 33 - Testes AR em asfalto - ganchos frontais .....	69
Tabela 34 - Resultado AR em asfalto - ganchos frontais.....	70
Tabela 35 - Comparativo ancoragens em veículos em terra .....	73
Tabela 36 - Testes UR em terra - roda dianteira .....	73
Tabela 37 - Resultado UR em terra - roda dianteira .....	74
Tabela 38 - Testes UR em terra - roda traseira .....	74
Tabela 39 - Resultado UR em terra - roda traseira.....	74
Tabela 40 - Testes AR em terra - roda dianteira.....	75
Tabela 41 - Resultado AR em terra - roda dianteira .....	75
Tabela 42 - Testes AR em terra - roda traseira .....	76
Tabela 43 - Resultado AR em terra - roda traseira .....	76
Tabela 44 - Compilação dos testes em ordem decrescente .....	78

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>ABSL</b>	Auto Busca e Salvamento Leve
<b>ABT</b>	Auto Bomba Tanque
<b>ABTF</b>	Auto Bomba Tanque Florestal
<b>AR</b>	Auto Rápido
<b>ARF</b>	Auto Rápido Florestal
<b>ATT</b>	Auto Transporte de Tropa
<b>BITP</b>	Boletim de Informação Técnico-Profissional
<b>CBMDF</b>	Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal
<b>CESALT</b>	Curso de Especialização em Salvamento em Altura
<b>CETOP</b>	Centro de Treinamento Operacional
<b>DF</b>	Distrito Federal
<b>EN</b>	<i>European Norm</i>
<b>min</b>	minutos
<b>NBR</b>	Norma Regulamentadora Brasileira
<b>NFPA</b>	<i>National Fire Protection Association</i>
<b>NR</b>	Norma Regulamentadora
<b>SEI</b>	Sistema Eletrônico de Informações
<b>UR</b>	Unidade de Resgate

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>cm</b>	centímetros
<b>kN</b>	Quilonewton
<b>kgf</b>	Quilograma-força
<b>nº</b>	número
<b>%</b>	Por cento
<b>“</b>	Polegada

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1 Definição do problema .....	15
1.2 Justificativa.....	16
1.3 Objetivos .....	18
1.3.1 Objetivo geral.....	18
1.3.2 Objetivos específicos.....	18
1.4 Questões.....	18
1.5 Definição de termos.....	19
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>20</b>
2.1 Salvamento em altura .....	20
2.2 Ancoragem.....	21
2.3 Ancoragens em meios de fortuna.....	22
2.4 Ancoragens em meios de fortuna no CBMDF .....	23
2.4.1 Ancoragem com estaca padrão .....	23
2.4.2 Ancoragem estacas múltiplas com pontas de eixo .....	25
2.4.3 Ancoragem natural .....	28
2.4.4 Ancoragem em veículos .....	30
2.5 Segurança.....	32
2.5.1 Normas .....	32
2.5.2 Outros fatores que influenciam as ancoragens .....	34
2.5.3 Regra de 3-sigma .....	36
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>37</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>40</b>
4.1 Ancoragem com estaca padrão.....	40
4.1.1 Ancoragem com estaca padrão – 60 cm.....	43
4.1.2 Ancoragem com estaca padrão – 45 cm.....	44
4.1.3 Ancoragem com estaca padrão – 30 cm.....	45
4.2 Ancoragem estacas múltiplas com pontas de eixo.....	45
4.2.1 Estaca simples.....	46
4.2.2 Estaca dupla.....	53
4.2.3 Estaca tripla.....	57
4.3 Ancoragem natural .....	59

4.4	Ancoragem em veículos.....	61
4.4.1	Ancoragem em veículos no asfalto.....	62
4.4.2	Ancoragem em veículos na terra.....	70
<b>5.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>77</b>
<b>6.</b>	<b>RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>80</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>82</b>
	<b>APÊNDICE.....</b>	<b>86</b>
	APÊNDICE A – Produto final – BITP.....	87

## 1. INTRODUÇÃO

Salvamento é uma das atividades exercidas pelo Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF) no cumprimento de sua missão (BRASIL, 1986). Essa atividade consiste em prestar assistência imediata às pessoas feridas em situações de desastre ou ainda qualquer operação que tenha como finalidade colocar vidas humanas e de animais, que estão em um ambiente de risco, em um lugar seguro (LEAL, 2012).

O salvamento em altura é a prática do salvamento envolvendo ambientes elevados verticais, inclinados ou horizontais (CBMDF, 2018a). Toda atividade é sustentada por pontos que devem ser seguros, chamados de ancoragem, podendo ser permanentes ou temporários (CBMSC, 2012). A ancoragem é o fator mais importante de qualquer operação envolvendo altura, pois é imprescindível para a segurança (CBMDF, 2019a).

Os pontos para ancoragem quando não são permanentes devem ser criados com o que há no ambiente em que será realizado o salvamento (CBMSC, 2012). Geralmente, em ocorrências envolvendo altura não existem pontos de ancoragem prontos para a atividade como existem em ambientes de treinamento. Nesses casos é preciso criar pontos de ancoragem seguros, pois a segurança do bombeiro deve vir em primeiro lugar e os riscos, sempre existentes, devem ser aceitáveis para salvaguardar as vidas envolvidas (CBMDF, 2019a).

A criação de pontos de ancoragem se dá em meios de fortuna, ou seja, com a utilização de equipamentos, materiais e estruturas que não foram feitos para a fixação de cordas, mas, de maneira empírica, são utilizados e conseguem sustentar a atividade (CBPMESP, 2006). Ressalta-se que o emprego de ancoragens em meios de fortuna exige do profissional conhecimento e prática no salvamento em altura, além de verificação coletiva sobre a segurança da atividade desenvolvida, como meio de resguardo para eventuais erros humanos ou acidentes (ARAÚJO, s/a).

As principais ancoragens em meios de fortuna ensinadas e utilizadas pelo CBMDF são as estacas padrão e as estacas múltiplas com pontas de eixo, além da possibilidade de utilização de veículos e árvores grossas o bastante para sustentar a

atividade. Essas ancoragens estão presentes na apostila *Salvamento: manual do aluno*, 3ª edição, 2019; no documento interno constante no Sistema Eletrônico de Informações (SEI) de plano de aula para o Curso de Formação de Praças 15 nº 00053-00039996/2018-10 e no documento SEI que contém os Detalhamentos Técnico-Operacional (DTO) do Curso de Especialização em Salvamento em Altura (CESALT) ocorrido em 2019 nº 00053-00060754/2019-76 (CBMDF, 2019d; CBMDF, 2018b; CBMDF, 2019a).

Como a segurança de tais ancoragens ainda não possuía base científica dentro da Corporação, este trabalho se propôs a testar pontos de ancoragem feitos nos meios de fortuna mais utilizados pelos bombeiros do Distrito Federal.

Objetivou-se assim verificar se essas ancoragens suportam a carga mínima necessária para a prática da atividade de forma segura, segundo os critérios definidos nas principais normas nacionais e internacionais, avaliando-se ainda a maneira como foram montadas, a variação que o solo pode exercer sobre elas, a angulação de trabalho e outros fatores.

Com esses dados, foi possível confeccionar um Boletim de Informação Técnico-Operacional (BITP) para auxiliar os bombeiros nos estudos, treinamentos e principalmente na padronização da técnica a ser empregada nas ocorrências, para que acidentes envolvendo ancoragens não ocorram, pois seriam fatais.

### **1.1 Definição do problema**

Ocorrências envolvendo altura podem acontecer em ambientes diversos, urbanos ou não, sendo comum não haver locais para ancoragens já pré-determinados e conhecidamente seguros (TRAJANO, 2017). Por isso, deve-se criar pontos de ancoragem com meios de fortuna, sendo que os mais ensinados e praticados pelo CBMDF são as estacas padrão e as estacas múltiplas com pontas de eixo, segundo o BITP confeccionado em 2020 pelo Centro de Treinamento Operacional (CETOP) sobre ancoragens e ainda não publicado. Além desses, também podem ser utilizados troncos de árvores e partes estruturais em veículos (L. A., 2004), embora não haja estudos sobre a segurança de tais métodos, apenas a confirmação de segurança por meio da prática e da experiência.

Dada essa explanação inicial, a pergunta norteadora que este trabalho visou responder é: quais configurações de ancoragens em meios de fortuna utilizadas no CBMDF são seguras para o emprego em atividades de Salvamento em Altura?

## **1.2 Justificativa**

Salvamento em Altura é uma das atividades mais perigosas feita pelos bombeiros, pois, naturalmente, envolve o risco de queda (TRAJANO, 2017). Para fazer qualquer salvamento ou resgate é preciso ter a segurança da guarnição em primeiro lugar, para que bombeiros não se tornem também vítimas, devendo agir sempre com cautela e segurança.

Como já mencionado, em ocorrências que envolvem salvamento em altura é comum que seja necessária a criação de pontos de ancoragem com meios de fortuna, por geralmente não haver pontos de ancoragem prontos para tal (CBMDF, 2019a).

Desde as primeiras ocorrências envolvendo salvamento em altura, principalmente atreladas ao incêndio em edificações, encontra-se a necessidade de improviso para solucionar situação adversa, mas sem comprometer a operacionalidade (CBERJ, 1991). No âmbito do CBMDF ensina-se e utiliza-se a ancoragem em meios de fortuna como alternativa para situações em que não há ponto de ancoragem próprios para a atividade (ARAÚJO, s/a).

É sabido, pela experiência, que tais métodos suportam a atividade, porém as normas brasileiras – Norma Regulamentadora (NR) nº 18, que versa sobre ancoragens na construção civil, e a Norma Brasileira (NBR) nº 16325-1 que regulamenta ancoragens diversas – e a Norma Europeia (EN) 795:2012 afirmam que uma ancoragem deve suportar 1.200 kgf por três minutos para ser considerada segura (ABNT, 2014; BRASIL, 2020; BSI, 2012).

Os meios de fortuna adotados pela Corporação são corriqueiramente utilizados, mas nunca haviam sido testados até uma carga limite, e é essencial que os bombeiros saibam a carga que o método escolhido suporta para que se faça a escolha mais segura durante um atendimento.

Conforme consta nos documentos SEI nº 00053-00039996/2018-10 e SEI nº 00053-00060754/2019-76, em cursos de formação e de especialização no âmbito do CBMDF, as principais ancoragens em meios de fortuna ensinadas as ancoragens com estacas padrão e com estacas múltiplas com pontas de eixo. Também são utilizados corriqueiramente pontos que não são próprios para ancoragem, mas são considerados confiáveis, como árvores e pontos estruturais de veículos (CBMDF, 2018b; CBMDF, 2019a; CBMDF, 2019d).

Pretendeu-se, neste trabalho, verificar se essas ancoragens são seguras e atendem aos requisitos das normas nacionais e internacionais, com mínimo fator aceitável de segurança para a operação quanto à carga que suportam e a especificidade do local, para que a guarnição de salvamento desenvolva suas atividades da forma mais segura possível.

Esse tema contribui para a Corporação, pois auxilia na confecção segura (risco aceitável) de ancoragens em meios de fortuna, corroborando para que a operação na altura atenda aos padrões internacionais. Desta forma, encontrou-se respaldo junto ao objetivo estratégico nº 1 do Planejamento Estratégico 2017-2024 do CBMDF, que visa atender as ocorrências emergenciais conforme padrão internacional (CBMDF, 2016). Além disso, a partir do conhecimento dos limites do emprego da técnica, esta pesquisa contribuirá também para que seja evitado o desperdício de tempo com ancoragens superdimensionadas ou a ocorrência de acidentes com ancoragens inseguras.

Outros corpos de bombeiros também poderão aproveitar a pesquisa, pois terão base para desenvolver operações mais seguras e também reproduzir o método em sua realidade, dado o que é comum para o seu estado e as características do local. Esta pesquisa poderá também ser utilizada por montanhistas, alpinistas industriais e outras profissões que trabalham com altura, desde construtoras até empresas de energia.

### **1.3 Objetivos**

#### ***1.3.1 Objetivo geral***

Analisar a segurança das ancoragens em meios de fortuna utilizadas pelo CBMDF na prática da atividade de salvamento em altura.

#### ***1.3.2 Objetivos específicos***

- Identificar as ancoragens em meios de fortuna utilizadas pelo CBMDF;
- Identificar junto às normas nacionais e internacionais quais os requisitos necessários para uma ancoragem segura;
- Testar a segurança das ancoragens em meios de fortuna e suas possíveis variações;
- Apresentar quais são as ancoragens seguras feitas em meios de fortuna comuns no âmbito do CBMDF segundo especificações mínimas exigidas para a prática do salvamento em altura.

### **1.4 Questões**

- Quais são as ancoragens em meios de fortuna utilizadas pelo CBMDF?
- Quais são os requisitos apresentados nas normas nacionais e internacionais para considerar uma ancoragem segura?
- O local em que as ancoragens em meios de fortuna são montadas influencia na carga que suportam?
- A carga que as ancoragens em meios de fortuna suportam está dentro das especificações mínimas exigidas para uma prática segura?
- Quais são as ancoragens consideradas seguras em meios de fortuna utilizadas pelo CBMDF segundo especificações mínimas exigidas para a prática do salvamento em altura?

## 1.5 Definição de termos

**Ancoragem:** é o nome dado á amarração ou ao ato de fixar uma corda ou um indivíduo (CBPMESP, 2006). É a base de qualquer atividade envolvendo altura ou planos inclinados, pois sustenta toda a execução do salvamento (CBMGO, 2017).

**Ancoragem em meios de fortuna:** local em que não foi feito para ancorar uma corda, mas é utilizado como tal por não haver pontos próprios para a ancoragem (CBMDF, 2020).

**Boletim de Informação Técnico-Profissional:** é um boletim confeccionado para divulgar, no âmbito do CBMDF, padronizações de procedimentos nas atividades técnico-operacionais ou novas técnicas e equipamentos (CBMDF, 2002).

**Cabo da vida:** corda utilizada para confeccionar diversas amarrações em si ou em outrem, fazer segurança e unir pessoas/objetos/ferramentas (CBMDF, 2019d).

**Cordelete:** são cordas auxiliares, com diâmetro de 4mm a 8 mm, utilizadas em diversas atividades de salvamento (CBMDF, 2019d).

**Guincho manual de alavanca:** “ferramenta portátil de tração e elevação” (CBMDF, 2019d, p. 199) que gera vantagem por ser manuseada por apenas um homem até o limite do guincho manual de alavanca utilizado na atividade (CBMDF, 2019d).

**Nó oito:** nó para formação de alças feito na extremidade de uma corda (CBMDF, 2019d).

**Pé de cabra:** “Alavanca de ferro com uma das extremidades fendida.” (FERREIRA, 2010, p. 572).

**Salvamento em altura:** é um ramo do salvamento que ocorre em planos elevados de pelo menos dois metros (CBMDF, 2019d).

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Salvamento em altura

Salvamento é uma das atividades desenvolvidas no CBMDF desde 1927, ano em que foi montada a comissão que organizou inicialmente o serviço de salvamento na Corporação (FERREIRA JÚNIOR; SOUZA, 1973). Tal área de atuação é prevista na Lei Federal nº 7.479, de 2 de junho de 1986, em seu artigo 2º, que versa que “O Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal [...] destina-se à execução [...] de busca e salvamento” (BRASIL, 1986).

O salvamento é um dos principais objetivos de atuação dos bombeiros visto que, segundo o Manual de Salvamento do CBMDF, salvamento é toda atividade que objetiva salvaguardar vidas ou bens (ARAÚJO, s/a), ou seja, prestar assistência imediata aos que estão em um ambiente em perigo e colocá-los em lugar seguro (CBMDF, 2019d). O grande objetivo das atividades dos bombeiros é também o propósito das atividades de salvamento.

Salvamento em altura é um ramo do salvamento que ocorre em planos elevados de pelo menos dois metros (BRASIL, 2020; CBMDF, 2019d). Segundo o Manual Técnico do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (2006, p. 4), o salvamento em altura é definido como:

Atividade de bombeiro especializada no salvamento de vítimas em local elevado, através do uso de equipamentos e técnicas específicas, com vistas ao acesso e remoção do local ou condição de risco à vida, de quem não consiga sair por si só, em segurança. (CBPMESP, 2006, p. 4)

O Manual do Corpo de Bombeiros de Santa Catarina (2012) acrescenta ainda que a atividade deve ocorrer de acordo com as normas de segurança e os procedimentos básicos de ancoragem. Esse ramo do salvamento se desenvolveu como uma atividade especializada dentro dos corpos de bombeiros juntamente com o aumento de edificações no meio urbano e consequentes incêndios (CBERJ, 1991).

Como em todas as atividades desempenhadas, a segurança é o fator primordial para que os bombeiros não se tornem também vítimas e logrem êxito na operação a ser desenvolvida (ARAÚJO, s/a). A atividade na altura, além dos riscos de toda

operação bombeiro militar, possui ainda o risco de queda de, no mínimo, dois metros (CBMDF, 2019d). Por isso, operações em altura precisam de profissionais especializados, treinados e seguros, exigindo o uso de técnicas e equipamentos específicos, pois a segurança dos bombeiros deve ser prioridade para êxito na operação (CBPMESP, 2006).

## **2.2 Ancoragem**

Ancoragem é o nome dado à amarração ou ao ato de fixar uma corda ou um indivíduo (CBPMESP, 2006). É a base de qualquer atividade envolvendo altura ou planos inclinados, pois sustenta toda a execução do salvamento (CBMGO, 2017). Ponto de ancoragem é onde é feita a amarração que assegura toda a operação (CBERJ, 1991).

Um ponto de ancoragem deve ser robusto e resistente, fixo e imóvel, protegido de cantos-vivos e quinas, estar alinhado com a direção da carga, precisa ser avaliado e inspecionado por pessoa experiente, mas não só por ela, e ser isolado do trânsito de pessoas e/ou veículos (CBMDF, 2020).

Os pontos de ancoragem podem ser classificados em diversas categorias, sendo a mais comum e adotada pelo CBMDF a classificação em pontos de ancoragem naturais, artificiais, estruturais e em meios de fortuna (CBMDF, 2019d):

- Naturais: são pontos de ancoragem que não foram confeccionados pelo homem, já presentes na própria natureza, como rochas e árvores (CBMSC, 2012). É preciso avaliação criteriosa se o ponto é realmente seguro, pois pontos espessos como rochas e árvores podem ser pouco densos, estarem soltos e, no caso de árvores, podres (CBMDF, 2019d).
- Artificiais: esses pontos de ancoragem são comuns no alpinismo e na construção civil (CBMSC, 2012), podendo ser implantados em rochas ou paredes (CBMGO, 2017). São assim chamados pois foram implantados com a finalidade de serem pontos de ancoragem, podendo ser fixos ou móveis (CBMDF, 2019d).

- Estruturais: comum no resgate urbano, pois utiliza-se como pontos de ancoragem locais construídos pelo e para o homem, ou seja, se vale das estruturas da construção civil para amarrar/fixar cordas ou pessoas (CBMSC, 2012). É comum a utilização de vigas e colunas de concreto e aço (CBMSC, 2012). Vale ressaltar que não são feitos para serem pontos de ancoragem, mas, por estarem fixos em estruturas de uma construção, são pontos geralmente seguros, porém sempre é válida a conferência para averiguar possível enferrujamento ou rachadura (TRAJANO, 2017).
- Meios de fortuna: para essas ancoragens será reservado um capítulo específico do referencial teórico.

### **2.3 Ancoragens em meios de fortuna**

Ancoragem em meios de fortuna remetem a improvisos (CBMDF, 2019d), ou seja, tudo que não foi feito para ancorar uma corda, mas é utilizado como tal. Por isso, a depender da classificação utilizada, as ancoragens naturais e estruturais podem ser enquadradas como em meios de fortuna (CBMDF, 2020).

Apesar de poder ser associada a improviso, esse tipo de ancoragem não pode ser considerada insegura, pois o bombeiro de salvamento deve possuir uma gama de conhecimentos que lhe permite solucionar situações adversas sem comprometer a operacionalidade (CBERJ, 1991). As ancoragens em meios de fortuna requerem conhecimento prévio para que a operação seja segura dentro dos parâmetros aceitáveis (CBMDF, 2019d).

Existem diversas ancoragens feitas em meios de fortuna. Nos manuais de bombeiros sobre salvamento em altura vê-se com recorrência as ancoragens em móveis residenciais, barras de ferro, veículos, colunas de concreto, utilizando o próprio corpo, etc. (CBMDF, 2019d; CBMGO, 2017; CBMSC, 2012; CBPMESP, 2006).

Outras literaturas trazem ainda a montagem de ancoragens no solo com estacas, horizontais e verticais, e ainda com estacas múltiplas com pontas de eixo, sempre trazendo a ressalva das características do solo (CBMDF, 2020; L. A., 2004).

## **2.4 Ancoragens em meios de fortuna no CBMDF**

No âmbito do CBMDF o que se tem de mais atual quanto ao que é ensinado sobre ancoragens em meios de fortuna são os documentos com os Detalhamentos Técnico-Operacionais (DTO) do Curso de Especialização em Salvamento em Altura (CESALT), sendo sua última versão ocorrida em 2019, e constantes no documento SEI nº 00053-00060754/2019-76 (CBMDF, 2019a). Também há os recentes planos de aula dos cursos de formação que citam as ancoragens a serem ensinadas na instrução, como os presentes no documento SEI nº 00053-00039996/2018-10 (CBMDF, 2018b).

Quanto a ancoragens em meios de fortuna nestes documentos encontram-se as ancoragens com estacas padrão e com estacas múltiplas com pontas de eixo (CBMDF, 2018b; CBMDF 2019b). Além disso, é corriqueira a utilização de carros ou viaturas, principalmente na parte estrutural do veículo, e troncos de árvores confiáveis para ancorar cordas, que – apesar de naturais – também podem ser considerados meios de fortuna por não terem sido feitos para este fim (CBMDF, 2019d; L. A., 2004).

### ***2.4.1 Ancoragem com estaca padrão***

A ancoragem com estaca padrão pode ser classificada em horizontal ou vertical.

A ancoragem com estaca padrão horizontal consiste em um pé de cabra, alavanca ou outro objeto resistente, com dois nós fiéis amarrados nas extremidades e um nó oito no seio de um cabo da vida. A ferramenta é enterrada em um buraco de no mínimo 60 cm de profundidade, com uma rampa de 45° para a saída do cabo da vida na direção em que será feita a tração. Então, a corda que se pretende ancorar é amarrada ao nó oito no seio do cabo da vida (CBMDF, 2020). É uma ancoragem que pode ser utilizada em ambientes não urbanos e onde não haja árvores confiáveis e carros ou viaturas não cheguem ao local (L. A., 2004).

Vale ressaltar que esse tipo de ancoragem e a ancoragem com múltiplas estacas devem ser feitas com especial cuidado com o solo, pois este pode ser mais ou menos resistente, a depender especialmente da localidade e da umidade. No caso do solo predominante no cerrado, a maior resistência a penetração é entre 25 e 30

cm. Chuvas recentes, ou seja, alto teor de umidade, diminuem a densidade e, conseqüentemente, a resistência à penetração (PAULUCIO *et al*, 2014). Segundo Leite (2011) no Distrito Federal o solo é predominantemente de cor vermelha (latossolo vermelho) e possui baixa resistência mecânica e alta permeabilidade, sendo que mais de 80% do solo do DF possui essas características.

**Figura 1 - Ancoragem com estaca padrão horizontal**



Fonte: Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (2020).

Já a ancoragem com estaca padrão vertical consiste na colocação de estacas de aço de cerca de um metro, pontiagudas de um lado, se possível, para melhor penetração no solo. As estacas são cravadas no solo até cerca de 2/3 do seu comprimento com um ângulo de 15° em relação ao eixo vertical e oposto à carga. Após a fixação de, no mínimo três estacas, é feita uma amarração com fitas ou cordeletes em que se une a base superior da estaca mais a frente à base inferior da estaca logo atrás, retornando à estaca da frente (L. A., 2004).

Então, entre as estacas, é inserido uma outra estaca, que pode ser menor e menos resistente, torce-se esta à fita ou cordelete e finca-se ela ao solo, apenas para criar uma tensão entre as estacas. Comum que esta ancoragem seja feita no sistema 1:1:1, podendo ser feita de outras formas a depender do solo e da umidade (L. A., 2004). Esta ancoragem não é muito comum no CBMDF, mas pode ser usada facilmente com pontas de eixo e algumas adaptações.

**Figura 2 - Ancoragem com estaca padrão vertical**



Fonte: L. A. *Firefighters Association* (2004).

#### **2.4.2 Ancoragem estacas múltiplas com pontas de eixo**

A ancoragem estacas múltiplas com pontas de eixo é uma opção para quando não há outros meios de ancoragem e o solo é relativamente compacto. Pontas de eixo são utilizadas em veículo de médio e grande porte na parte de transmissão. Ela é uma das peças responsáveis pela segurança e que trabalha com altos esforços, sendo uma peça muito resistente e que se exige alto controle de qualidade (GIMACCO, s/a)

A técnica pode ser feita com uma, duas ou três pontas de eixo, devendo ser fincadas no solo com ângulo de  $15^\circ$  em relação ao eixo vertical e contrárias ao local de trabalho. Essa configuração segue o mesmo padrão da estaca padrão vertical, com algumas variações (CBMDF, 2019d).

Com a utilização de apenas uma ponta de eixo a amarração é feita diretamente em sua base (figura 3), sendo comumente utilizada para montagem de estais, como representado na figura 4 (CBMDF, 2019d).

**Figura 3 - Ancoragem estacas múltiplas com uma ponta de eixo**



Fonte: A autora (2021).

**Figura 4 - Estal com uma ponta de eixo**



Fonte: A autora (2021).

A montagem com duas pontas de eixo pode ser feita em linha ou em paralelo. Em linha, as pontas de eixo são unidas com uma amarração e a ponta de eixo de trás não é ligada diretamente à carga, mas segura o avanço da ponta de eixo da frente, que é ligada diretamente à carga (figura 5), de maneira parecida com a estaca padrão vertical encontrada na bibliografia (L. A., 2004). Em paralelo, as pontas de eixo são postas lado a lado, sendo feita a amarração com a ponta de um cabo da vida em cada ponta de eixo e um nó oito equalizado no cabo permeado, para que as duas pontas de eixo sejam tracionadas ao mesmo tempo, como mostra a figura 6 (CBMDF, 2020).

Essas configurações com duas pontas de eixo não são muito comuns nos trabalhos do CBMDF, mas é uma variação possível.

**Figura 5 - Ancoragem estacas múltiplas com 2 pontas de eixo em linha**



Fonte: A autora (2021).

**Figura 6 - Ancoragem estacas múltiplas com 2 pontas de eixo em paralelo**



Fonte: A autora (2021).

Já com três pontas de eixo, a ancoragem é montada formando um triângulo no qual a base fica na direção onde será feito o trabalho, e a ponta de eixo de trás ajuda a evitar o avanço das pontas de eixo da frente. Após a fixação das pontas de eixo, pode-se colocar uma alavanca atrás da base do triângulo para melhor ajuste e, com um cabo da vida, fixar a alavanca às pontas de eixo com as pontas do cabo e no seio confeccionar um nó oito equalizado para que a força seja dividida entre as pontas de eixo (CBMDF, 2020). O mais importante nessa configuração é o cabo da vida estar

permeado para que as pontas de eixo sejam tracionadas ao mesmo tempo. Essa técnica pode ser feita também sem a alavanca, que é opcional, fixando diretamente o cabo da vida às pontas de eixo. A alavanca garante que a base do triângulo será tracionada de maneira equivalente (CBMDF, 2020). A configuração com três pontas de eixo é a mais difundida no CBMDF.

**Figura 7 - Ancoragem estacas múltiplas com 3 pontas de eixo e alavanca**



Fonte: Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (2020).

**Figura 8 - Ancoragem estacas múltiplas com pontas de eixo sem alavanca**



Fonte: A autora (2021).

### ***2.4.3 Ancoragem natural***

Se houver uma árvore confiável o suficiente no local do incidente, com um solo firme, é recomendável o uso da ancoragem natural (CBMGO, 2017). Pode-se utilizar

além de árvores, que são mais comuns, rochas e raízes (ARAÚJO, s/a). Em ancoragens naturais deve-se sempre analisar a integridade do ponto, possível risco de queda e se sua estrutura suporta a carga que será imposta (CBMDF, 2018b). Mesmo quando o ponto aparenta ser a prova de bomba, ponto que não precisa de um ponto secundário por ser muito resistente, é sempre aconselhável fazer o *backup* deste ponto principal (CBPMESP, 2006).

No Distrito Federal, o diâmetro médio comumente encontrado nas árvores é de cerca de 10 cm e cerca de 1% possui diâmetro acima de 25 cm (AMARAL; PEREIRA; MUNHOZ, 2006). Em contrapartida, as árvores do cerrado, geralmente possuem raízes profundas, o que aumenta a resistência mecânica à tração (TRAJANO, 2017), por isso é preciso analisar bem o ponto antes de optar por uma ancoragem natural, pois apesar das raízes profundas, pode ser que ele não seja espesso o suficiente para ser considerado seguro.

A amarração pode ser feita diretamente com o cabo de resgate ou, de maneira indireta, com a utilização de materiais como fitas ou outros cabos, a depender de cada situação (CBMDF, 2019d). Deve-se optar por fazer a amarração mais próximo à base que ao topo, para evitar o efeito alavanca.

**Figura 9 - Ancoragem natural direta**



Fonte: Araújo (s/a, p. 89).

**Figura 10 - Ancoragem natural indireta**



Fonte: Araújo (s/a, p. 89).

#### **2.4.4 Ancoragem em veículos**

O CBMDF possui diversas viaturas, emergenciais, não emergenciais e de apoio. Algumas das viaturas emergenciais possuem pontos próprios para ancoragem que já são certificados e testados. O Auto Bomba Tanque (ABT) Pierce possui um guincho plataforma que só deve ser utilizado para movimentar a própria viatura. O Auto Bomba Tanque Florestal (ABTF) possui um guincho que suporta até 9.000 kg na primeira camada. O guincho do Auto Transporte de Tropa (ATT) tem capacidade de carga de até 5.440 kg, enquanto o Auto Busca e Salvamento Leve (ABSL) possui um guincho acoplado que resiste a 4.100 kg de carga. No Auto Salvamento e Extinção (ASE) é possível a utilização do acessório do guincho *work* que é recomendado para uso de carga até 9.000 kg (CBMDF, 2019b). Ressalta-se, porém, que esses são pontos próprios para ancoragem, já certificados, não sendo objeto de estudo deste trabalho.

Além desses veículos, a Corporação possui outras viaturas emergenciais que não possuem pontos de ancoragem próprios. Entre elas então a Unidade de Resgate (UR) e diversas caminhonetes que são utilizadas como Auto Rápido (AR) e Auto Rápido Florestal (ARF), quando destinadas a atividade emergencial (CBMDF, 2019b).

Veículos geralmente são considerados bons pontos de ancoragem por sua robustez. Para sua utilização, algumas regras devem ser observadas: (i) o motor deve

estar desligado e a chave removida para evitar acidentes, pois o veículo não pode ser movido durante o resgate; (ii) o freio deve estar acionado; e (iii) as rodas devem estar calçadas. Mesmo em viaturas sem pontos de ancoragem próprios, esses veículos podem ser utilizados como tal. Sugere-se o uso de pontos estruturais dos veículos para fazer a amarração ou posicionar fitas e cordas auxiliares, observando a possível existência de pontas que possam prejudicar o material utilizado para a ancoragem (L. A., 2004).

**Figura 11 - Ancoragem em veículos - ganchos frontais**



Fonte: A autora (2021).

**Figura 12 - Ancoragem em veículos - roda**



Fonte: A autora (2021).

## 2.5 Segurança

Em se tratando de segurança na prática do salvamento em altura, uma ancoragem confiável é essencial ao desempenho da atividade (CBERJ, 1991), pois ela sustenta toda operação. Para Souza (2014), o trabalho em altura, mesmo do serviço de bombeiros militares, deve ser planejado a fim de evitar acidentes, ainda que de uma forma mais abrangente, conhecendo as limitações e aplicabilidade de cada técnica.

A simplicidade da técnica está intrínseca à segurança, pois não é preciso complexidade para ser seguro, pelo contrário (CBMDF, 2019d). É necessário conhecimento para que o improvisado seja seguro, já que deve ser baseado em domínio e técnica (CBERJ, 1991), visto que um dos principais fatores em acidentes com altura é o erro humano (SOUZA, 2014).

O CBMDF adota um fator de segurança mínimo exigido para atividade de salvamento em altura, que é de 10:1 em todos os sistemas e equipamentos, ou seja, o ponto que está sustentando a atividade deve ser capaz de resistir a pelo menos 10 vezes a carga a que ele está sendo submetido (CBMDF, 2019c)

### 2.5.1 Normas

As principais normas nacionais são a NR 18, que trata de condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção, e a NBR 16325-1, que trata de ancoragens diversas. Ambas afirmam que uma ancoragem para ser segura deve suportar uma carga pontual de 1.200 kgf ou 12 kN na direção de trabalho durante três minutos. A NBR 16325-1 ratifica ainda que para cada pessoa extra a partir de duas deve-se acrescentar 1.000 kgf para que a ancoragem permaneça segura (ABNT, 2014; BRASIL, 2020).

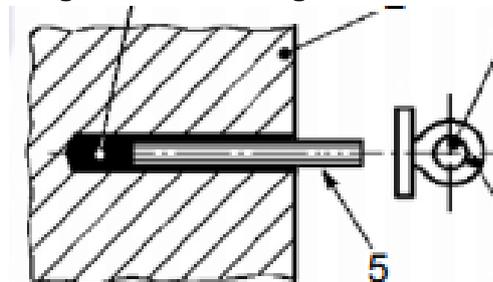
Uma ancoragem, para atender aos padrões da *National Fire Protection Association* (NFPA) previstos na norma 1983:2017, deve suportar 1.800 kgf, valor recomendado para ancoragens portáteis, sendo que o material não pode deformar e nem a ancoragem se movimentar (NFPA, 2017). Para a União Internacional de Associações de Alpinistas, para ancoragens em rochas, esse valor é de 2.500 kgf

quando a força é feita perpendicular ao eixo ou de 1.500 kg quando a força é feita na direção do eixo (BSI, 2018; UIAA, 2020).

A norma europeia, EN 795: 2012, é uma das mais aceitas internacionalmente. Segundo ela, uma ancoragem é segura se suporta 1.200kgf ou 12 kN, durante três minutos na direção de trabalho (BSI, 2012). Os valores são os mesmos indicados na NBR 16325-1 e NR 18 (ABNT, 2014; BRASIL, 2020).

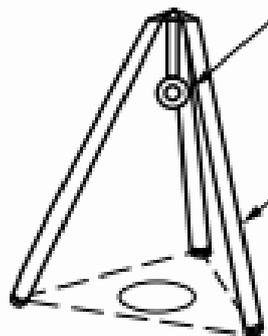
As normas EN 795:2012 e NBR 16325-1 separam as ancoragens em classes a fim de demonstrá-las e testá-las. A Classe A (figura 13) é de ancoragens fixas, a Classe B (figura 14) são transportáveis, mas com algum elemento estacionário e a Classe D (figura 16) consiste em uma linha de ancoragem rígida que não desvie mais que 15° do plano horizontal (ABNT, 2014; BSI, 2012). As Classes C e E são presentes apenas na norma europeia, sendo que a Classe C (figura 15) consiste em uma linha de ancoragem flexível que se desvia em até 15° em relação a ancoragem intermediária e a Classe E (figura 17) é utilizada em superfícies com até 5° com a horizontal, na qual se depende de massa, atrito e superfície (BSI, 2012).

**Figura 13 - Ancoragem Classe A**



Fonte: ABNT (2014, p. 10).

**Figura 14 - Ancoragem Classe B**



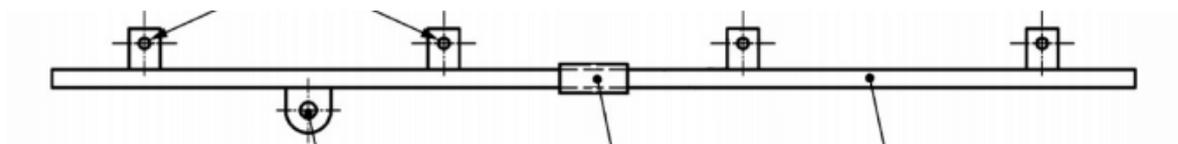
Fonte: ABNT (2014, p. 11).

**Figura 15 - Ancoragem Classe C**



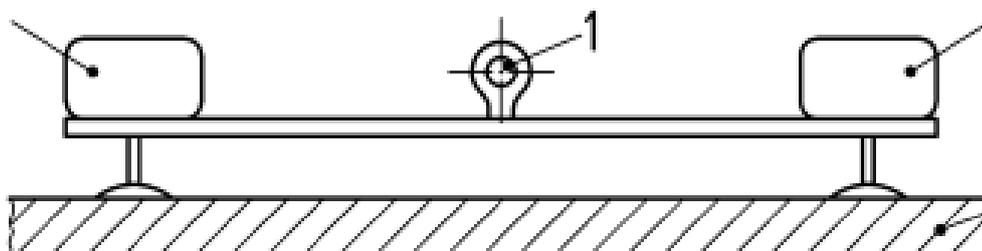
Fonte: BSI (2012, p. 15).

**Figura 16 - Ancoragem Classe D**



Fonte: ABNT (2014, p. 12).

**Figura 17 - Ancoragem Classe E**



Fonte: BSI (2012, p.15).

### **2.5.2 Outros fatores que influenciam as ancoragens**

Sobre ancoragens em meios de fortuna, principalmente as que possuem suas bases no chão, deve-se avaliar a qualidade do solo da região, pois a resistência da ancoragem dependerá diretamente dele (*STATE FIRE TRAINING*, 2007). O solo precisa ser avaliado em praticamente todas as ancoragens em meios de fortuna e só pode ser considerado confiável se for compacto, duro, firme, plástico e pegajoso (LEITE, 2011). Deve-se analisar ainda a umidade, que tem grande influência sobre a resistência desse solo (L. A., 2004).

Segundo Leite (2011) existem alguns meios para se avaliar o solo rapidamente. Para avaliar a dureza é indicado pegar um torrão de terra e tentar quebrá-lo com os dedos ou com as mãos. Se possível com os dedos ele é mais arenoso, não indicado para a sustentar a atividade. Se conseguir quebrá-lo com as mãos ou se não for possível ele é mais duro, sendo indicado para a atividade.

Ao umedecer o torrão é possível avaliar a friabilidade com o mesmo teste já descrito. Se o solo se romper facilmente com os dedos ou pouca força da mão ele não é indicado, pois o solo deve ser firme para ser resistente (LEITE, 2011).

Já ao encharcar o solo é possível avaliar se este é muito ou pouco plástico, ou seja, ao estar muito molhado é possível moldá-lo ou não. Caso seja possível ele é plástico e recomendável à atividade. Ainda com o solo exarçado pode-se avaliar a pegajosidade ao colocar o torrão entre o indicador e o polegar e verificar se o solo gruda ou não nos dedos. Se grudar ele é recomendável para atividade, pois é pegajoso. Vale ressaltar que o solo úmido tende a não ser recomendável para escavações e atividades que exigem resistência (LEITE, 2011).

É comum e mais desenvolvida cientificamente as ancoragens em neve e gelo, comparadas com ancoragens de resgate. Para a montagem desse tipo de ancoragem deve-se considerar e avaliar a resistência da neve na compressão e cisalhamento, a resistência dos materiais de que a ancoragem é feita, a força e o posicionamento do sistema de fixação, o objetivo de uso, ângulos e orientação da ancoragem em relação a força em que ela trabalhará. Uma neve levemente úmida e mais sólida torna o ponto mais forte, então, quando possível, o autor sugere tornar a neve mais forte, umedecendo-a e compactando-a, de forma que ao fazer uma bola de neve e apertar ela permaneça sólida. Outro ponto importante é enterrar a estaca o mais fundo possível, pelo menos 2/3 do seu comprimento, sendo usadas, pelo autor como padrão, estacas de 60 cm (BOGIE, 2010).

Nas ancoragens naturais, além do solo, deve-se observar a integridade da árvore que se intenciona utilizar, pois, embora esteja aparentemente saudável e firme, pode estar oca e/ou podre por dentro (CBMGO, 2017). Deve-se avaliar ainda se a estrutura da árvore escolhida é capaz de suportar a carga que lhe será imposta (CBMDF, 2019d).

Outro ponto a ressaltar ainda é a aderência dos pneus dos veículos em diferentes tipos de pistas. Os pneus comumente utilizados são para asfalto, por isso possuem melhor aderência nesse tipo de terreno. O coeficiente de atrito cai à medida que o solo vai ficando mais solto e úmido, como em terrenos de pedra britada, terra seca, terra úmida, areia e neve, sendo esta a ordem decrescente do coeficiente de

atrito (REIS; SILVA; FERREIRA, 2019, devendo se atentar para essas variações nos casos de ancoragem em veículos.

### **2.5.3 Regra de 3-sigma**

A Regra ou Teste de 3-sigma é uma ferramenta estatística utilizada para calcular uma probabilidade pressupondo uma curva normal de Gauss. Faz-se uma sequência de testes, calcula-se a média e o desvio padrão, então a partir da média acrescenta-se três desvios padrões para mais e para menos. A partir desse cálculo tem-se a probabilidade de 99,73% desse evento ocorrer novamente, o que apresenta um alto grau de confiabilidade (EWING, 2021).

No caso dos testes em salvamento, fabricantes de corda fazem o teste de resistência mínima de ruptura aplicando-se cinco rupturas, calculando-se a média e o desvio padrão, fazendo o cálculo já explicado. A probabilidade de outras cordas romperem no intervalo encontrado é de 99,73% ou mais (EWING, 2021).

### 3. METODOLOGIA

O presente estudo quanto a sua natureza é uma Pesquisa Aplicada, pois objetivou gerar conhecimentos específicos para o desenvolvimento de uma área (SILVA; MENEZES, 2005) que, no caso, é a atividade em altura com segurança em ambientes sem pontos de ancoragem previstos.

O método científico utilizado neste trabalho foi o indutivo, sendo o método que parte do particular e no qual a generalização não é o objetivo (GIL, 2014). Nesta pesquisa foram testadas as principais ancoragens em meios de fortuna utilizadas no CBMDF. Cada ancoragem foi testada de maneira particular e de acordo com o resultado classificada como segura, segundo as principais normas, ou não indicada para a atividade.

Quanto aos objetivos, a pesquisa é classificada como exploratória, pois visou “proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito” (SILVA; MENEZES, 2005, p. 21). Esse tipo de procedimento propõe-se a esclarecer conceitos e ideias, sendo comum sua utilização quando o tema a ser pesquisado é pouco explorado (GIL, 2014).

Inicialmente a pesquisa teve embasamento teórico para melhor compreensão acerca do tema escolhido e da questão proposta. A pesquisa bibliográfica, enquanto procedimento, permitiu entendimentos dos conceitos abordados no trabalho e percepção de carências na literatura (GIL, 2014) acerca de ancoragens em meios de fortuna que são o foco deste estudo.

Ainda quanto ao procedimento, se fez presente também a pesquisa documental, sendo semelhante à pesquisa bibliográfica, porém não tendo a contribuição de diversos autores e sim composta de textos que não obtiveram tratamento analítico, podendo ser modificados facilmente (SILVA; MENEZES, 2005). A fonte documental foi o Sistema Eletrônico de Informação (SEI), que é utilizado pelo CBMDF para criação e tramitação de documentos oficiais, além de protocolos e manuais de salvamento utilizados em diversos corpos de bombeiros. A pesquisa documental é um procedimento técnico comum em trabalhos científicos, constituída a partir de material já publicado e documentos oficiais (GIL, 2002).

O delineamento do estudo feito é classificado como uma pesquisa experimental, que:

Consiste essencialmente em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis capazes de influenciá-lo e definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto. Trata-se, portanto, de uma pesquisa em que o pesquisador é um agente ativo. (GIL, 2002, p. 47).

A proposta de pesquisa pressupõe analisar os principais e corriqueiros meios de fortuna utilizados em ancoragens pelo CBMDF quanto à carga que suportam e apontar quais são seguros, segundo as principais normas nacionais e internacionais.

Para isso, utilizou-se dinamômetros para mensurar a carga que estava sendo suportada pelas ancoragens e um guincho manual de alavanca para tracionar até a ancoragem ceder ou até atingir a carga de 1.200 kgf, considerada mínima para o salvamento (ABNT, 2014; BRASIL, 2020; BSI, 2012). Quando a ancoragem suportou esse valor aguardou-se três minutos, tempo que as normas sugerem para considerar uma ancoragem segura (ABNT, 2014; BRASIL, 2020; BSI, 2012). Além de verificar a segurança das ancoragens, analisou-se superficialmente a influência do solo nas ancoragens com múltiplas estacas com pontas de eixo, com estacas padrão e nas ancoragens em veículos. Verificou-se ainda a influência da angulação de trabalho e da umidade do solo nas estacas múltiplas com pontas de eixo.

A abordagem é classificada como quali-quantitativa, pois as ancoragens foram testadas quanto a carga que é considerada segura, 1.200 kgf, durante três minutos (ABNT, 2014; BRASIL, 2020; BSI, 2012) e isso gerou dados numéricos. Nos casos em que a ancoragem suportou a carga pelo tempo sugerido pelas normas em cinco testes ela foi considerada segura de maneira qualitativa. Porém, nos casos em que a ancoragem se rompeu durante o teste, foi aplicado a Regra de 3-*sigma*, ou seja, essa ancoragem foi testada cinco vezes até o rompimento, desde que o valor tenha sido menor que 1.200 kgf. Fez-se então o cálculo para saber qual o intervalo de carga que ela suporta em 99,73% dos casos (EWING, 2021), e isso gerou dados estatísticos quantitativos.

Ressalta-se que este estudo está sendo confeccionado durante a pandemia do novo coronavírus, SARS-Cov2, o que pode impactar o andamento da pesquisa e alterar seu processo de produção.

**Figura 18 - Quadro-resumo da classificação metodológica da pesquisa**

Fonte: A autora (2020).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Ancoragem com estaca padrão

Desenvolveu-se a metodologia de tracionar com um guincho manual de alavanca medindo a força que a ancoragem estava suportando com um dinamômetro. Montou-se a ancoragem com estaca padrão seguindo o modelo que está no BITP ainda não publicado (CBMDF, 2020) e no padrão que é ensinado. Ou seja, um buraco de 60 cm com uma ferramenta pé-de-cabra sendo enterrada com dois nós fiéis em cada ponta de um cabo da vida e um nó formador de alça saindo em 45° em relação à carga que se está tracionando. Esta ancoragem é ilustrada na figura 19.

**Figura 19 - Ancoragem com estaca padrão 60 cm**



Fonte: A autora (2021).

A fim de testar se a profundidade regulamentada de 60 cm é realmente necessária fez-se também testes com um buraco de 45 cm (figura 20) e de 30 cm (figura 21). Vale ressaltar que essa ancoragem depende bastante da resistência do solo. No caso da presente pesquisa os testes foram realizados em um solo relativamente compacto e, ainda assim, decepcionaram pela pouca carga suportada.

**Figura 20 - Ancoragem com estaca padrão 45 cm**



Fonte: A autora (2021).

**Figura 21 - Ancoragem com estaca padrão 30 cm**



Fonte: A autora (2021).

A ancoragem com estaca padrão com um buraco de 60 cm foi a única que passou no teste, aguentando 1.200 kgf durante os três minutos por cinco vezes. No último teste, porém, tentou-se tracioná-la ao máximo e ela cedeu com 1.250 kgf, valor bem abaixo do esperado, ainda mais considerando-se o elevado tempo gasto na escavação do buraco. Ainda assim, segundo as normas adotadas neste estudo, esta é uma ancoragem que é considerada segura, podendo ser utilizada no salvamento em altura.

Já a montagem com 45 cm e 30 cm de profundidade não passaram nos testes para serem consideradas seguras. Elas cederam bem abaixo do que é o mínimo para a atividade, sendo 432 kgf e 245 kgf, respectivamente. Pela dificuldade de montagem dos buracos para essas ancoragens e por não terem resistido a um valor considerável e relevante esses dois testes não foram feitos cinco vezes e foram descartados.

Percebeu-se que essa ancoragem demanda muita energia da guarnição que vai executá-la e nem sempre é tão segura. Ao tracionar, é sensível o momento que o solo começa a ceder, pois a tração com o guincho manual de alavanca começa a ficar leve, e percebe-se que esse é o exato momento que a terra cede. Após o solo ceder a ancoragem se torna absolutamente insegura. Isso fica evidenciado na figura 22, na qual o pé da autora indica o lugar onde a ancoragem estava enterrada e o pé de cabra se deslocou até onde mostra a imagem na configuração com 60 cm após receber a tração de 1.250 kgf. Na figura 23 fica evidente o quanto a terra levantou após a tração, sendo empregado apenas 432 kgf, com o buraco de 45 cm.

**Figura 22 - Ancoragem com estaca padrão 60 cm após ceder**



Fonte: A autora (2021).

**Figura 23 - Ancoragem com estaca padrão 45 cm após ceder**



Fonte: A autora (2021).

#### **4.1.1 Ancoragem com estaca padrão – 60 cm**

Apesar de ter resistido aos 1.200 kgf, esta ancoragem decepcionou, pois, ao ser tracionada até uma carga limite, cedeu pouco acima do valor mínimo de referência. Por exigir grande esforço da guarnição em sua montagem devido à necessidade de escavação, o seu uso deve ser repensado, uma vez que existem outras soluções mais seguras e mais rápidas a serem confeccionadas.

Os resultados dos testes da ancoragem com estaca padrão confeccionada com 60 cm de profundidade são apresentados na tabela a seguir. Na sequência são expostos os resultados estatísticos e o intervalo do 3-*sigma*:

**Tabela 1 - Testes estaca padrão 60 cm**

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>
1.200	3 min

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 2 - Resultado estaca padrão 60 cm**

<b>Média</b>	1.200 kgf
<b>Desvio padrão</b>	0
<b>3-sigma</b>	-

Fonte: A autora (2021).

#### **4.1.2 Ancoragem com estaca padrão – 45 cm**

Essa configuração obteve um resultado muito baixo na primeira tração, 432 kgf. Por esse motivo ela foi testada apenas uma vez, pois já não seria recomendada para atividade com esse resultado e pela dificuldade de montar outros testes para uma ancoragem insegura. O resultado do único teste está apresentado nas tabelas a seguir:

**Tabela 3 - Testes estaca padrão 45 cm**

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>
432	-
-	-
-	-
-	-
-	-

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 4 - Resultado estaca padrão 45 cm**

<b>Média</b>	432 kgf
<b>Desvio padrão</b>	0
<b>3-sigma</b>	-

Fonte: A autora (2021).

### 4.1.3 Ancoragem com estaca padrão – 30 cm

Como na configuração anterior, a ancoragem com estaca padrão com o buraco de 30 cm também teve um resultado muito baixo no primeiro teste. Por ser uma ancoragem de difícil montagem e ter suportado uma força que não satisfaz a nenhum dos critérios para ser utilizada na atividade de salvamento em altura, esta configuração também só foi testada uma vez e descartada para a atividade. Segue o resultado nas tabelas em sequência:

**Tabela 5 - Testes estaca padrão 30 cm**

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>
245	-
-	-
-	-
-	-
-	-

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 6 - Resultado estaca padrão 30 cm**

<b>Média</b>	245 kgf
<b>Desvio padrão</b>	0
<b>3-sigma</b>	-

Fonte: A autora (2021).

## 4.2 Ancoragem estacas múltiplas com pontas de eixo

Diversas configurações de ancoragens com múltiplas pontas de eixo foram testadas: com uma estaca variando angulação, profundidade e umidade do solo, com duas em linha e em paralelo e com três estacas, sendo duas à frente tracionadas diretamente e concomitantemente pela carga (em paralelo) e uma mais atrás, centralizada, evitando o avanço das estacas que estavam conectadas à carga (em

linha). Montou-se as diversas variações, tracionou-se com um guincho manual de alavanca, sendo medida a força suportada pela ancoragem com um dinamômetro.

#### **4.2.1 Estaca simples**

Essa configuração de ancoragem foi montada de diferentes formas para que se concluísse sobre a angulação que melhor trabalha, a profundidade mínima para se ter um bom resultado e ainda se analisou superficialmente a influência de solo úmido e seco.

Nos testes alterou-se o ângulo de colocação das estacas no solo seco e denso para verificar a reação da ancoragem. Fez-se a sequência de cinco testes com ângulo próximo de  $0^\circ$  em relação ao eixo vertical, como mostra a figura 24, e o mesmo com a estaca com uma leve inclinação oposta à tração, conforme exposto na figura 25, ressaltando que a bibliografia sugere  $15^\circ$  opostos a tração (L. A., 2004). Os números dos dois testes foram muito parecidos, tendo os melhores desempenhos de todas as configurações com uma estaca simples. Esse resultado sugere que a angulação não deve ser no sentido da tração, mas que de  $0^\circ$  à uma leve inclinação de até  $30^\circ$  oposta à tração é o ideal. O teste em que o ângulo foi superior a  $30^\circ$  teve uma menor resistência, por isso o limite de  $30^\circ$ .

**Figura 24 - Estaca simples  $0^\circ$**



Fonte: A autora (2021).

**Figura 25 - Estaca simples leve angulação**



Fonte: A autora (2021).

A bibliografia sugere que a estaca esteja com dois terços do seu comprimento enterrado (L. A., 2004), porém verificou-se que essa profundidade deve ser de no mínimo 45 cm para o solo testado, independentemente do tamanho da estaca, pois ao fazer o teste com 30 cm do comprimento da ponta de eixo enterrada (figura 26), a carga suportada pela ancoragem apresentou redução média de cerca de 50%, ficando muito abaixo do recomendado para o trabalho de salvamento.

**Figura 26 - Estaca simples 30 cm de profundidade**



Fonte: A autora (2021).

Ao verificar a umidade do solo percebeu-se que este tem grande influência sobre a resistência da ancoragem, diminuindo-a bastante. Utilizou-se para esses testes a angulação próxima de  $15^{\circ}$  em relação ao eixo vertical e a profundidade de 45

cm, ou seja, na melhor configuração da estaca simples, como mostra a figura 27. No solo úmido os testes obtiveram resultados em média 57% mais baixos que os valores alcançados nos testes em solo seco com a mesma configuração.

**Figura 27 - Estaca simples no solo úmido**



Fonte: A autora (2021).

Após os testes com estaca simples concluiu-se que a angulação ideal para as estacas é de  $0^\circ$  e  $30^\circ$  em relação ao eixo vertical e oposto a tração. A profundidade de encravamento da estaca no solo é de no mínimo 45 cm, perdendo muita resistência ao se encravar menos que isso. Percebeu-se ainda que o solo ideal para essas ancoragens é seco e compacto, apresentando, dessa forma, seu melhor desempenho.

A ancoragem com uma estaca enterrada ao menos com 45 cm e com angulação entre  $0^\circ$  e  $30^\circ$  mostrou-se eficaz para atividades como estaiamento e segurança de carga não viva de até 80 kg, levando em consideração o fator de segurança adotado para salvamento de 10:1 (CBMDF, 2019c). Porém, com uma única estaca, nenhuma configuração pôde ser avaliada como segura para salvamento em altura segundo as normas adotadas neste estudo. Segue, na tabela 7, um comparativo das diferentes configurações testadas para a estaca simples:

Tabela 7 - Comparativo configurações estaca simples

	Solo seco Ângulo 0° Encravada 45 cm	Solo seco Ângulo 20° - 38° Encravada 45 cm	Solo seco Ângulo 20° - 30° Encravada 30 cm	Solo úmido Ângulo 20° - 30° Encravada 45 cm
<b>Média (kgf)</b>	1.105,6	1.114,8	562	646
<b>3-sigma</b>	1.409,71 kgf - 801,5 kgf	1.486,2 kgf - 743,2 kgf	964,48 kgf - 159,5 kgf	894,43 kgf - 397,6 kgf

Fonte: A autora (2021).

Tentou-se ainda verificar a viabilidade de utilizar vergalhões de 1" de bitola e 50 cm de tamanho como estacas de ancoragem de estacas múltiplas, por serem mais leves, o que facilitaria o serviço. No entanto, em duas tentativas o vergalhão entortou a 1.000 kgf, sendo descartado para a atividade, como mostra a figura a seguir:

**Figura 28 - Vergalhão após 1.000 kgf de tração**



Fonte: A autora (2021).

#### 4.2.1.1 Estaca simples 0°

Fez-se a sequência de cinco testes com ângulo próximo de 0° em relação ao eixo vertical. Em um dos testes a ancoragem resistiu ao que a norma sugere como seguro, 1.200 kgf por três minutos, e nos outros testes o resultado foi satisfatório, mesmo não alcançado o que a norma sugere. Constatou-se que a ancoragem feita

apenas com uma estaca simples não é recomendável para cargas humanas, pois depende muito do solo, que geralmente é desconhecido. Os resultados de cada teste e o intervalo do 3-*sigma* estão apresentados nas tabelas a seguir:

**Tabela 8 - Testes estaca simples 0°**

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>
1.012	-
984	-
1.140	-
1.192	-
1.200	3 min

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 9 - Resultado estaca simples 0°**

<b>Média</b>	1.105,6 kgf
<b>Desvio padrão</b>	101,37
<b>3-<i>sigma</i></b>	1.409,71 kgf - 801,5 kgf

Fonte: A autora (2021).

#### *4.2.1.2 Estaca simples leve angulação*

Fez-se também a sequência de cinco testes com a estaca com uma leve inclinação oposta à tração, ressaltando que a bibliografia sugere 15° (L. A., 2004). Os testes com uma leve inclinação e os feitos com angulação de 0° em relação ao eixo vertical obtiveram resultados que surpreenderam, sendo que dois dos cinco testes sustentaram a carga e o tempo que a norma sugere, 1.200 kgf por três minutos.

Ainda assim, seu uso não é recomendável para cargas humanas pela falta de conhecimento do solo. Para cargas não humanas seu uso é recomendável, bem como para estaiamento de tripé, por exemplo, já comumente utilizado. Os resultados destes testes estão nas tabelas a seguir:

**Tabela 10 - Testes estaca simples leve angulação**

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>	<b>Angulação</b>
1.200	3 min	20°
912	-	38°
1.182	-	28°
1.200	3 min	30°
1.080	-	20°

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 11 - Resultado estaca simples leve angulação**

<b>Média</b>	1.114,8 kgf
<b>Desvio padrão</b>	123,8
<b>3-sigma</b>	1.486,2 kgf - 743,2 kgf

Fonte: A autora (2021).

#### *4.2.1.3 Estaca simples 30 cm de profundidade*

A sequência de testes com uma estaca simples encravada em 30 cm de profundidade no solo ratificou que essa profundidade deve ser no mínimo 45 cm, pois os resultados com 30 cm não satisfizeram a nenhum critério para utilizá-la na atividade de salvamento em altura, sendo seu uso descartado. A força que cada um dos testes suportou, bem como o 3-sigma estão demonstrados nas tabelas a seguir:

Tabela 12 - Testes estaca simples 30 cm de profundidade

Força (kgf)	Tempo
788	-
544	-
470	-
556	-
453	-

Fonte: A autora (2021).

Tabela 13 - Resultado estaca simples 30 cm de profundidade

<b>Média</b>	562 kgf
<b>Desvio padrão</b>	134,16
<b>3-sigma</b>	964,48 kgf - 159,5 kgf

Fonte: A autora (2021).

#### 4.2.1.4 Estaca simples no solo úmido

A umidade foi outro fator julgado relevante e, portanto, testado. O solo úmido reduziu bastante a capacidade de resistência da estaca simples na sua melhor configuração, encravada em 45 cm e com angulação entre 0 e 30° oposta à tração. Por esse motivo não deve ser utilizada para ancorar cargas vivas. Já para cargas não vivas, como para fazer um estal, deve ser avaliado, podendo optar-se por fazê-lo de outra forma ou utilizando outra configuração. Nas tabelas a seguir estão os resultados dos testes e do intervalo 3-sigma, respectivamente:

**Tabela 14 - Testes estaca simples no solo úmido**

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>
736	-
670	-
510	-
660	-
654	-

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 15 - Resultado estaca simples no solo úmido**

<b>Média</b>	646 kgf
<b>Desvio padrão</b>	82,81
<b>3-sigma</b>	894,43 kgf - 397,6 kgf

Fonte: A autora (2021).

#### **4.2.2 Estaca dupla**

A ancoragem com duas estacas é pouco utilizada pelo CBMDF, porém mostrou-se segura em oito dos dez testes aplicados para a atividade de salvamento em altura. Foram testadas duas configurações comumente encontradas na bibliografia consultada: em linha e em paralelo (L. A., 2004; CBMDF, 2020).

As estacas duplas em paralelo (figura 29) apresentaram certa variação da resistência suportada. Em três dos cinco testes ela foi considerada segura segundo as normas adotadas neste estudo, porém em dois testes houve um aumento muito grande da angulação após a tração, a tornando insegura e interrompendo o teste. Com isso a média suportada foi de 1.142,4 kgf e o 3-sigma ficou em 1.380,3 kgf a 904,5 kgf, ou seja, 99,73% das ancoragens duplas em linha romperão neste intervalo. Nessa configuração de ancoragem, merece especial atenção a centralização do cabo que une as estacas com a carga, para que as duas estacas sejam tracionadas juntas, pois do contrário a ancoragem funcionará como uma estaca simples. A figura 30 mostra um avanço desigual das estacas, evidenciando que o cabo não estava centralizado.

**Figura 29 - Estaca dupla em paralelo**

Fonte: A autora (2021).

**Figura 30 - Estaca dupla em paralelo após a tração - avanço desigual**

Fonte: A autora (2021).

Já as estacas duplas em linha surpreenderam, pois em todos os cinco testes a ancoragem suportou os 1.200 kgf sem grande deformação do ângulo durante três minutos, sendo considerada segura para atividade de salvamento em altura segundo as normas adotadas nesta pesquisa, no solo testado. Montou-se essa ancoragem tentando alinhar as duas estacas com a carga e unindo as estacas com uma amarração com cabo da vida. A carga é presa apenas na estaca da frente, porém a estaca de trás evita que a estaca da frente avance, fazendo com que a ancoragem deformasse pouco e suportasse os cinco testes pelo tempo que a norma sugere. A estaca dupla em linha é ilustrada na figura 31.

**Figura 31 - Estaca dupla em linha**



Fonte: A autora (2021).

As configurações com duas estacas surpreenderam positivamente, pois são pouco utilizadas pelo CBMDF e se saíram relativamente bem no teste. A ancoragem com estaca dupla em paralelo atende ao requisito mínimo de 10:1 com até 90 kg de carga (CBMDF, 2019c), enquanto a ancoragem com estaca dupla em linha é considerada segura segundo as normas adotadas neste estudo, tendo suportado todos os testes (ABNT, 2014; BRASIL, 2020; BSI, 2012).

#### *4.2.2.1 Estaca dupla em paralelo*

Essa configuração exige cuidado com a centralização do cabo, mas se mostrou bastante resistente, tendo resistido as cargas que exigem as normas adotadas nesta pesquisa em três dos cinco testes, apresentando resultado dentro dos parâmetros adotados pelo CBMDF de 10:1 (CBMDF, 2019c). As tabelas abaixo evidenciam os cinco testes e o resultado desta configuração:

**Tabela 16 - Testes estaca dupla em paralelo**

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>
1.044	-
1.200	3 min
1.068	-
1.200	3 min
1.200	3 min

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 17 - Resultado estaca dupla em paralelo**

<b>Média</b>	1.142,4 kgf
<b>Desvio padrão</b>	79,3
<b>3-sigma</b>	1.380,3 kgf – 904,5 kgf

Fonte: A autora (2021).

#### 4.2.2.2 Estaca dupla em linha

A estaca dupla em linha surpreendeu, resistindo a todos os testes, sendo considerada segura segundo as normas adotadas neste estudo. As tabelas abaixo mostram os resultados obtidos:

**Tabela 18 - Testes estaca dupla em linha**

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>
1.200	3 min

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 19 - Resultado estaca dupla em linha**

<b>Média</b>	1.200 kgf
<b>Desvio padrão</b>	0
<b>3-sigma</b>	-

Fonte: A autora (2021).

### **4.2.3 Estaca tripla**

A ancoragem com estaca tripla é a configuração mais utilizada e ensinada pelo CBMDF para salvamento em altura de cargas vivas. Ela se mostrou segura, resistindo aos testes pela carga (1.200 kgf) e tempo (três minutos) que as normas adotadas sugerem.

Existe uma pequena variação dessa ancoragem, apresentada passando uma alavanca atrás das estacas da frente, como mostra a figura 11. No entanto, ao se fazer os testes sem a alavanca (figura 32) percebeu-se que sua utilização é dispensável, pois ela apenas ajudaria a tracionar as duas estacas concomitantemente. Foi percebido nos testes que o que determina se ambas serão tracionadas ao mesmo tempo é a amarração e a centralização com a carga.

**Figura 32 - Estaca tripla**

Fonte: A autora (2021).

A ancoragem com estaca tripla é um misto das estacas duplas em paralelo e em linha. A tração ocorre nas duas estacas da frente e elas são unidas à estaca de trás por cabos com amarrações. A estaca que fica na parte de trás não recebe

diretamente a carga e segura o avanço das estacas da frente, tornando a ancoragem segura para as atividades de salvamento em altura. Constatou-se que as estacas que estavam recebendo a tração avançaram pouco em relação aos testes com as outras configurações de ancoragem.

Tentou-se romper essa ancoragem, porém ao chegar em 1.800 kgf ela havia alterado muito pouco sua configuração inicial e o guincho manual de alavanca utilizado na tração já estava em seu limite de carga, correndo o risco de romper o fusível, motivo pelo qual o teste foi interrompido.

Essa é de fato a ancoragem com estacas e/ou pontas de eixo mais segura, pois as três estacas formando um triângulo dividem a força, o que evita o avanço das pontas de eixo tracionadas, sendo altamente recomendável para a atividade de salvamento em altura, atendendo às normas adotadas neste trabalho e ainda a outras mais exigentes (ABNT, 2014; BRASIL, 2020; BSI, 2012, BSI, 2018; NFPA, 2017; UIAA, 2020). As tabelas a seguir mostram os resultados dos testes e o intervalo 3-sigma:

**Tabela 20 - Testes estaca tripla**

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>
1.200	3 min

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 21 - Resultado estaca tripla**

<b>Média</b>	1.200 kgf
<b>Desvio padrão</b>	0
<b>3-sigma</b>	-

Fonte: A autora (2021).

### 4.3 Ancoragem natural

Para testar ancoragens naturais típicas do cerrado optou-se por analisar uma árvore de 15 cm de diâmetro pela insegurança que uma árvore de 10 cm, diâmetro médio típico do cerrado (AMARAL; PEREIRA; MUNHOZ, 2006), pode gerar. Algumas árvores com menor diâmetro podem ser bons pontos de ancoragem, mas a generalização pode ser perigosa, como quando não se conhece o terreno e a árvore e se julga somente pelo diâmetro. Por isso, estabeleceu-se o diâmetro mínimo de 15 centímetros para uma árvore aparentemente saudável e íntegra.

Aplicou-se a metodologia tração com guincho manual de alavanca, medindo a força com um dinamômetro, em uma árvore do tipo mangueira, figura 33, por terem raízes mais superficiais (FERNANDES; NASCIMENTO, 2004), com o diâmetro mínimo julgado seguro de 15 cm, como mostra a figura 34. Esta árvore suportou bem os cinco testes de 1.200 kgf durante três minutos sem parecer estar cedendo em momento algum. Chegou-se a tracioná-la até 1.600 kgf sem ela dar sinais que iria ceder e interrompeu-se por conta da carga máxima do guincho manual de alavanca utilizado.

**Figura 33 - Ancoragem natural - árvore de 15 cm de diâmetro**



Fonte: A autora (2021).

**Figura 34 - Árvore de 15 cm de diâmetro**



Fonte: A autora (2021).

Optou-se por testar uma mangueira, árvore com raízes mais superficiais que as típicas do cerrado, por serem muito comuns no Distrito Federal (FERNANDES; NASCIMENTO, 2004). Logo uma árvore com raízes mais profundas tende a resistir ainda mais, mesmo não se conseguindo chegar a este limite com a ferramenta utilizada.

A ancoragem natural, quando se tem garantia de ser um ponto saudável e íntegro, é um dos melhores pontos a se escolher. As raízes profundas, o caule saudável e a tração partindo de sua base (CBMDF, 2018b; TRAJANO, 2017) são bons parâmetros para uma ancoragem segura.

Os resultados obtidos estão demonstrados nas tabelas 22 e 23.

**Tabela 22 - Testes árvore de 15 cm de diâmetro**

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>
1.200	3 min

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 23 - Resultado árvore de 15 cm de diâmetro**

<b>Média</b>	1.200 kgf
<b>Desvio padrão</b>	0
<b>3-sigma</b>	-

Fonte: A autora (2021).

#### **4.4 Ancoragem em veículos**

Para testar a ancoragem em veículos, ou seja, utilizando pontos que não foram desenvolvidos para a atividade, optou-se por utilizar duas viaturas de menor porte: uma Unidade de Resgate (UR) e uma caminhonete tipo Auto Rápido (AR). Essas viaturas foram escolhidas por serem mais leves, pois caso os testes fossem favoráveis para utilizá-las como pontos de ancoragens o resultado também seria válido para as viaturas maiores, como o ASE e o ABT.

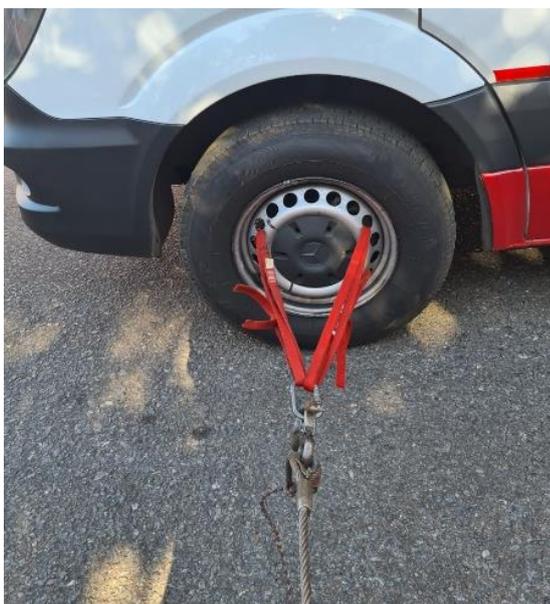
Aplicou-se a metodologia de tracionar com guincho manual de alavanca e medir a força aplicada com um dinamômetro, inicialmente nas rodas traseira e dianteira, com a viatura lateralizada, e testou-se algumas variações de posicionamentos das fitas na roda (figuras 35 e 36) para melhor estabilidade, principalmente ao utilizar a roda dianteira, que tende a girar. Por esse motivo, quando optar-se por utilizar a roda dianteira deve-se atentar para destravar o volante e posicionar as fitas de maneira que ela não tenda a girar. Vale ressaltar que todos os testes foram melhor sucedidos na roda traseira, acredita-se que pelo fato dela não girar e por isso ser mais estável.

**Figura 35 - Amarração mais estável**



Fonte: A autora (2021).

**Figura 36 - Amarração menos estável**



Fonte: A autora (2021).

#### ***4.4.1 Ancoragem em veículos no asfalto***

Nos testes da viatura tipo UR tanto a roda traseira quanto dianteira foram bem sucedidas no asfalto sendo avaliadas como ancoragens seguras para a atividade de salvamento em altura. Ambas variações suportaram 1.200 kgf durante três minutos nos cinco testes no asfalto, sendo que tentou-se arrastá-la, chegando a 1.600 kgf na

roda traseira, e ela permaneceu imóvel. Concluiu-se, portanto, que é uma viatura que pode ser utilizada para ancoragem e é comumente encontrada em todas as ocorrências emergenciais do CBMDF, por ser a viatura que transporta vítimas. Os testes com a roda dianteira ocorreram conforme a configuração demonstrada na figura 35 e na roda traseira conforme a figura 37:

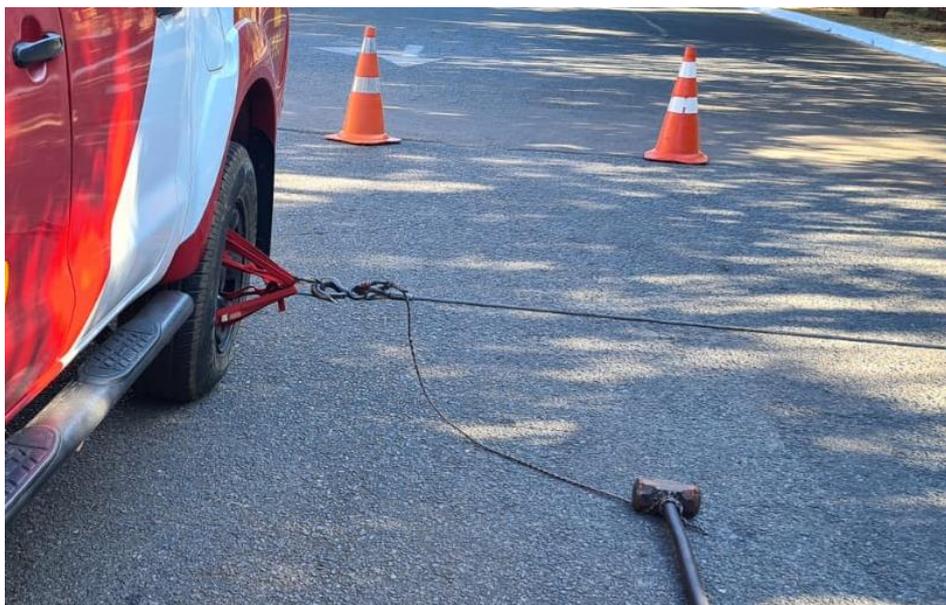
**Figura 37 - UR em asfalto - roda traseira**



Fonte: A autora (2021).

Já a viatura tipo AR, por ser uma viatura um pouco mais leve que a UR, não foi tão bem sucedida nos testes. Ao ancorar na roda traseira, conforme mostra a figura 38, a média suportada foi de 978,4 kgf e o 3-*sigma* de 1.141,15 kgf a 815,5 kgf, sendo os testes interrompidos quando a viatura era arrastada. Na roda dianteira os cinco testes ocorreram com a configuração mostrada na figura 39 resultando na média de 982,2 kgf e o 3-*sigma* de 1.405,92 kgf a 558,5 kgf. Apesar da média da roda traseira ter sido minimamente menor, o desvio padrão foi mais alto nos testes da roda dianteira, trazendo um intervalo de trabalho mais seguro na roda traseira.

**Figura 38 - AR em asfalto - roda traseira**



Fonte: A autora (2021).

**Figura 39 - AR em asfalto - roda dianteira**



Fonte: A autora (2021).

Nenhuma das configurações de ancoragem nas rodas na viatura tipo AR são seguras segundo as normas adotadas neste trabalho, porém, em caso emergencial deve-se optar por utilizar a roda traseira, que atende ao mínimo fator de segurança aceito pelo CBMDF de 10:1 (CBMDF, 2019c). Deve-se manter em observação o comportamento da viatura, pois ela começa a arrastar lentamente, motivo pelo qual o veículo deve estar em um local seguro e a cena isolada.

Vale ressaltar ainda que, apesar de a viatura tipo AR se movimentar com uma carga abaixo de 1.200 kgf, a ancoragem, diferentemente do que ocorre nos outros pontos, não se rompe, funcionando como um absorvedor de choque. Por isso, ela apresenta um bom nível de segurança, mesmo abaixo do recomendável, devendo ser utilizada com cautela.

A viatura AR/ARF possui ganchos presos à longarina, parte estrutural do veículo (CBMDF, 2019d) que aparentam ser bastante seguros, decidindo-se por aplicar o teste também nesses pontos, como mostra a figura 40. Porém, pelo fato de a viatura ficar posicionada de frente, no sentido de deslocamento das rodas, esta tendenciou a ser arrastada mais facilmente, não sendo recomendado seu uso para a atividade de salvamento em altura. Os testes tiveram média de 539,2 kgf e 3-*sigma* de 819,91 kgf a 258,5 kgf, ficando com intervalo de arrastamento da ancoragem que não atende nem às normas adotadas neste trabalho e nem ao critério mínimo de 10:1 do CBMDF (CBMDF, 2019c).

**Figura 40 - AR em asfalto - ganchos frontais**



Fonte: A autora (2021).

Portanto, no asfalto, deve-se sempre optar por utilizar as rodas traseiras como ponto de ancoragem, pois em todos os testes ele se comportou melhor. Na viatura mais leve, AR, a ancoragem não é considerada segura para a prática de salvamento em altura segundo as normas EN 795: 2012 NBR 16325-1 e NR 18, mas, em caso de emergência, essa ancoragem atende ao critério mínimo de 10:1 exigido pelo CBMDF.

Em relação a viatura tipo UR, recomenda-se seu uso na atividade, devendo optar pela ancoragem realizada nas rodas traseiras, que foram bem sucedidas em todos os testes (ABNT, 2014; BRASIL, 2020; BSI, 2012; CBMDF, 2019c). Segue a tabela 24, com um comparativo dos resultados para as viaturas e configurações testadas:

**Tabela 24 - Comparativo ancoragens em veículos em asfalto**

	<b>UR Asfalto Roda dianteira</b>	<b>UR Asfalto Roda traseira</b>	<b>AR Asfalto Roda dianteira</b>	<b>AR Asfalto Roda traseira</b>
<b>Média (kgf)</b>	1.200	1.200	982,2	978,4
<b>3-sigma</b>	-	-	1.405,92 kgf - 558,5 kgf	1.141,15 kgf - 815,5 kgf

Fonte: A autora (2021).

#### *4.4.1.1 Ancoragem na UR em asfalto – roda dianteira*

Todos os testes nas rodas dianteiras da viatura tipo UR foram bem sucedidos. Em até 1.200 kgf a viatura não deu indícios de arrastamento. As tabelas a seguir demonstram os testes, tabela 25, e seus resultados, tabela 26:

**Tabela 25 - Testes UR em asfalto - roda dianteira**

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>
1.200	3 min

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 26 - Resultado UR em asfalto - roda dianteira**

<b>Média</b>	1.200 kgf
<b>Desvio padrão</b>	0
<b>3-sigma</b>	-

Fonte: A autora (2021).

#### 4.4.1.2 Ancoragem na UR em asfalto – roda traseira

Assim como nas rodas dianteiras, as rodas traseiras na UR mostraram ser bons pontos de ancoragem, sendo que as rodas traseiras, por não girar com o volante, são mais recomendadas. As tabelas a seguir mostram os resultados dos testes aplicados:

**Tabela 27 - Testes UR em asfalto - roda traseira**

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>
1.200	3 min

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 28 - Resultado UR em asfalto - roda traseira**

<b>Média</b>	1.200 kgf
<b>Desvio padrão</b>	0
<b>3-sigma</b>	-

Fonte: A autora (2021).

#### 4.4.1.3 Ancoragem no AR em asfalto – roda dianteira

Por ser uma viatura mais leve que a UR, o AR, quando testado em sua roda dianteira, não atendeu nem às normas adotadas nesta pesquisa e nem ao mínimo

fator de 10:1 adotado pelo CBMDF (CBMDF, 2019c). A carga suportada em cada teste, bem como o resultado deles estão descritos nas tabelas 29 e 30, respectivamente.

**Tabela 29 - Testes AR em asfalto - roda dianteira**

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>
870	-
1.104	-
1.162	-
855	-
920	-

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 30 - Resultado AR em asfalto - roda dianteira**

<b>Média</b>	982,2 kgf
<b>Desvio padrão</b>	141,24
<b>3-sigma</b>	1.405,92 kgf - 558,5 kgf

Fonte: A autora (2021).

#### *4.4.1.4 Ancoragem na AR em asfalto – roda traseira*

Se somente a viatura tipo AR estiver no local e não houver mais nenhum outro ponto de ancoragem confiável, deve-se optar por utilizar sua roda traseira, pois esta obteve melhores resultados que a dianteira, atendendo ao mínimo critério adotado pelo CBMDF de 10:1 para até 80 kg (CBMDF, 2019c). Nas tabelas a seguir estão os testes (tabela 31) e seus resultados (tabela 32):

**Tabela 31 - Testes AR em asfalto - roda traseira**

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>
1.054	-
912	-
982	-
1.000	-
944	-

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 32 - Resultado AR em asfalto - roda traseira**

<b>Média</b>	978,4 kgf
<b>Desvio padrão</b>	54,28
<b>3-sigma</b>	1.141,15 kgf - 815,5 kgf

Fonte: A autora (2021).

#### *4.4.1.5 Ancoragem no AR em asfalto – ganchos frontais*

Pelo fato de os ganchos estarem na frente do veículo e a tração ser no sentido em que as rodas tendem a girar, essa ancoragem se tornou insegura por todos os parâmetros adotados neste estudo. O AR se deslocou com a carga apresentada na tabela 33, tendo os seus resultados evidenciados na tabela 34.

**Tabela 33 - Testes AR em asfalto - ganchos frontais**

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>
416	-
496	-
618	-
520	-
646	-

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 34 - Resultado AR em asfalto - ganchos frontais**

<b>Média</b>	539,2 kgf
<b>Desvio padrão</b>	93,57
<b>3-sigma</b>	819,91 kgf - 258,5 kgf

Fonte: A autora (2021).

#### **4.4.2 Ancoragem em veículos na terra**

A metodologia aplicada em veículos no asfalto foi feita também em local de terra. Testou-se as ancoragens nas rodas dianteiras e traseiras neste tipo de terreno para verificar a variação que causaria. O resultado dos testes evidenciou o que se suspeitava: a terra dá menos aderência aos pneus, o que gerou dados menores nos testes na terra comparados aos no asfalto. Na terra nenhum dos testes seria aprovado segundo as normas EN 795: 2012 NBR 16325-1 e NR 18, pois todos foram arrastados antes disso, causando a interrupção dos testes. Ressalta-se, porém, que a UR novamente se mostrou mais recomendada para a atividade, obtendo resultados muito próximos do que as normas adotadas neste trabalho recomendam, ficando dentro do recomendado de 10:1 pelo CBMDF (ABNT, 2014; BRASIL, 2020; BSI, 2012; CBMDF, 2019c).

A sequência de testes feitos na UR em terra utilizando as rodas dianteiras, como mostra a figura 41, obteve média de 1.004,4 kgf, enquanto o 3-sigma ficou com intervalo de arrastamento de 1374,93 kgf a 633,8 kgf em 99,73% dos casos. Já os testes na roda traseira na UR, como na figura 42, tiveram média de 1.056,8 kgf e 3-sigma de 1141,82 kgf a 971,8 kgf, ou seja, a grande maioria das ancoragens na roda traseira deste tipo de veículo arrastará neste intervalo, o que evidencia que a roda traseira é a mais recomendada para a atividade, mesmo sem aprovação nos testes, mas ficando dentro do parâmetro de 10:1 adotado pelo CBMDF para cerca de 90 kg (CBMDF, 2019c).

**Figura 41 - UR em terra - roda dianteira**



Fonte: A autora (2021).

**Figura 42 - UR em terra - roda traseira**



Fonte: A autora (2021).

Já os testes feitos na viatura tipo AR em terra salientaram que esta viatura não é recomendada para ancoragem quando estiver em terreno de terra. Os testes na roda dianteira, ilustrada na figura 43, obtiveram média de 768 kgf e 3-sigma de 1.068,66 kgf a 467,3 kgf. Já os testes na roda traseira (figura 44) trouxeram uma média um pouco menor, de 549,2 kgf, sendo insuficiente para considerá-la segura, ficando com o intervalo 3-sigma de 728,51 kgf a 369,9 kgf. Nenhum dos intervalos do 3-sigma

no AR satisfaz as normas adotadas neste estudo ou o mínimo fator de segurança de 10:1 adotado pelo CBMDF (CBMDF, 2019c).

**Figura 43 - AR em terra - roda dianteira**



Fonte: A autora (2021).

**Figura 44 - AR em terra - roda traseira**



Fonte: A autora (2021).

Ao finalizar os testes de ancoragem em veículos em terra ficou evidente que a carga suportada, quando em comparação com a ancoragem em veículos no asfalto, é muito menor, não passando nos testes segundo as normas analisadas. Novamente na terra os testes foram melhores na UR em comparação com o AR, sendo que o AR

não deve ser utilizado como ancoragem nesse tipo de terreno por ter tido resultados muito baixos. A UR também não teve resultados satisfatórios, mas em uma situação emergencial, sem a presença de uma viatura mais robusta ou outro ponto de ancoragem confiável, ela pode ser utilizada com o fator de segurança de 10:1 (CBMDF, 2019c) com a ancoragem feita na roda traseira. Para melhor ilustração do já comentado resultado, segue a tabela 35 com um comparativo dos resultados das diferentes configurações na UR e no AR em terra:

**Tabela 35 - Comparativo ancoragens em veículos em terra**

	<b>UR Terra Roda dianteira</b>	<b>UR Terra Roda traseira</b>	<b>AR Terra Roda dianteira</b>	<b>AR Terra Roda traseira</b>
<b>Média (kgf)</b>	1.004,4	1.056,8	768	549,2
<b>3-sigma</b>	1.374,93 kgf - 633,8 kgf	1.141,82 kgf - 971,8 kgf	1.068,66 kgf - 467,3 kgf	728,51 kgf - 369,9 kgf

Fonte: A autora (2021).

#### 4.4.2.1 Ancoragem na UR em terra – roda dianteira

A ancoragem na viatura tipo UR na roda dianteira não é recomendada para a atividade por não atender a nenhum parâmetro de segurança. As cargas suportadas até o arrastamento da viatura estão descritas na tabela 36 e os resultados destes testes na tabela 37.

**Tabela 36 - Testes UR em terra - roda dianteira**

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>
806	-
984	-
1.056	-
1.040	-
1.136	-

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 37 - Resultado UR em terra - roda dianteira**

<b>Média</b>	1.004,4 kgf
<b>Desvio padrão</b>	123,51
<b>3-sigma</b>	1.374,93 kgf - 633,8 kgf

Fonte: A autora (2021).

#### 4.4.2.2 Ancoragem na UR em terra – roda traseira

Em casos que não houverem outros pontos de ancoragem ou viaturas mais robustas na cena, recomenda-se utilizar a roda traseira da UR, pois, em terra, esta é a única que atende ao critério mínimo de 10:1 adotado pelo CBMDF para até cerca de 90 kg (CBMDF, 2019c). Seus testes e resultados estão descritos nas tabelas 38 e 39, respectivamente.

**Tabela 38 - Testes UR em terra - roda traseira**

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>
1.014	-
1.086	-
1.078	-
1.058	-
1.048	-

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 39 - Resultado UR em terra - roda traseira**

<b>Média</b>	1.056,8 kgf
<b>Desvio padrão</b>	28,34
<b>3-sigma</b>	1.141,82 kgf - 971,8 kgf

Fonte: A autora (2021).

#### 4.4.2.3 Ancoragem no AR em terra – roda dianteira

Em terreno de terra a viatura tipo AR não é recomendada em nenhuma hipótese para ser utilizada como ponto de ancoragem. As cargas até o arrastamento da viatura nos testes estão descritas na tabela 40 e os resultados na tabela 41.

**Tabela 40 - Testes AR em terra - roda dianteira**

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>
634	-
690	-
836	-
864	-
816	-

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 41 - Resultado AR em terra - roda dianteira**

<b>Média</b>	768 kgf
<b>Desvio padrão</b>	100,29
<b>3-sigma</b>	1.068,66 kgf - 467,3 kgf

Fonte: A autora (2021).

#### 4.4.2.4 Ancoragem na AR em terra – roda traseira

A ancoragem na roda traseira na viatura tipo AR também não é recomendada para a atividade por não atender aos parâmetros adotados neste estudo e nem ao índice mínimo de 10:1 adotado pelo CBMDF (CBMDF, 2019c). As cargas suportadas e o resultado destes testes estão descritos nas tabelas a seguir:

Tabela 42 - Testes AR em terra - roda traseira

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>
500	-
586	-
600	-
470	-
590	-

Fonte: A autora (2021).

Tabela 43 - Resultado AR em terra - roda traseira

<b>Média</b>	549,2 kgf
<b>Desvio padrão</b>	59,77
<b>3-sigma</b>	728,51 kgf - 369,9 kgf

Fonte: A autora (2021).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após feitos todos os testes de tração com guincho manual de alavanca, medido com dinamômetro e os cálculos feitos com base na ferramenta estatística *3-sigma* em todas as ancoragens em meios de fortuna utilizadas, ensinadas e difundidas pelo CBMDF é viável a compilação das ancoragens consideradas seguras e sugestões de mudanças na difusão das ancoragens em meios de fortuna no âmbito do CBMDF bem como propõe-se a continuidade da pesquisa.

Primeiramente, segundo as normas adotadas neste estudo, EN 795: 2012, NR 18 e NBR 16325-1, uma ancoragem é segura se sustenta 1.200 kgf durante três minutos (ABNT, 2014; BRASIL, 2020; BSI, 2012). Atendem essas normas as seguintes ancoragens: com estaca padrão com 60cm de profundidade, com estaca dupla com pontas de eixo em linha em solo seco, com estaca tripla com pontas de eixo em solo seco, natural em árvore e em veículo tipo UR ou mais robusto em asfalto.

Outro parâmetro aceitável é o fator de segurança mínimo adotado pelo CBMDF de 10:1, ou seja, a ancoragem tem que resistir a uma carga 10 vezes maior que o peso a que está sendo submetida (CBMDF, 2019c). Para uma carga de 90 kg, aproximadamente uma pessoa, são consideradas seguras as ancoragens realizadas com estaca dupla com pontas de eixo em paralelo e em veículo tipo UR na roda traseira em terra. Para uma carga de 80 kg, preferencialmente não viva, são consideradas seguras somente as ancoragens com estaca simples com ponta de eixo encravada de 0 a 30° opostos a tração e enterradas no mínimo 45 cm em solo seco e a ancoragem em veículo tipo AR na roda traseira em asfalto.

As ancoragens absolutamente inseguras e que não devem ser utilizadas na atividade são: com estaca padrão enterrada menos de 60 cm, com estaca simples com ponta de eixo encravada menos de 45 cm em solo seco, com estaca simples com ponta de eixo em solo úmido, em veículo tipo AR na roda dianteira em asfalto, em veículo tipo AR em terra e em veículo utilizando os ganchos frontais.

A seguir, na tabela 44 estão compiladas as ancoragens em meios de fortuna analisadas neste trabalho em ordem decrescente de resistência no solo testado e nas configurações realizadas:

Tabela 44 - Compilação dos testes em ordem decrescente

<b>Normas</b>	<b>Ancoragem em meios de fortuna</b>	<b>Média (kgf)</b>	<b>3-sigma</b>
NR 18	Múltiplas estacas com pontas de eixo Estaca tripla	1.200	-
	Natural árvore de 15 cm de diâmetro	1.200	-
NBR 16325-1	Em veículo UR Asfalto Roda traseira	1.200	-
	Em veículo UR Asfalto Roda dianteira	1.200	-
EN 795: 2012	Múltiplas estacas com pontas de eixo Estaca dupla em linha	1.200	-
	Estaca padrão 60 cm	1.200	-
10:1  90 kg	Múltiplas estacas com pontas de eixo Estaca dupla em paralelo	1.142,4	1.380,3 kgf – 904,5 kgf
	Em veículo UR Terra Roda traseira	1.056,8	1.141,82 kgf - 971,8 kgf
10:1  80 kg	Múltiplas estacas com pontas de eixo Estaca simples 0°	1.105,6	1.409,71 kgf - 801,5 kgf
	Em veículo AR Asfalto Roda traseira	978,4	1.141,15 kgf - 815,5 kgf
Inseguras	Múltiplas estacas com pontas de eixo Estaca simples leve angulação	1.114,8	1.486,2 kgf - 743,2 kgf
	Em veículo UR Terra Roda dianteira	1.004,4	1.374,93 kgf - 633,8 kgf
	Em veículo AR Asfalto Roda dianteira	982,2	1.405,92 kgf - 558,5 kgf
	Em veículo AR Terra Roda dianteira	768	1.068,66 kgf - 467,3 kgf
	Múltiplas estacas com pontas de eixo Estaca simples 30 cm de profundidade	562	964,48 kgf - 159,5 kgf
	Em veículo AR Terra Roda traseira	549,2	728,51 kgf - 369,9 kgf

	Múltiplas estacas com pontas de eixo Estaca simples no solo úmido	646	894,43 kgf - 397,6 kgf
	Estaca padrão 45 cm	432	-
	Estaca padrão 30 cm	245	-

Fonte: A autora (2021).

## 6. RECOMENDAÇÕES

Após análise dos testes feitos com as ancoragens em meios de fortuna utilizadas corriqueiramente pelo CBMDF, elencam-se os seguintes pontos como recomendações:

- De imediato, que sejam incluídas nas instruções e literatura do CBMDF as ancoragens com estacas duplas com pontas de eixo, que são pouco difundidas e se mostraram eficazes, pois obtiveram bons resultados e são de rápida montagem;
- Ainda no curto prazo, a revisão da ancoragem com estaca padrão horizontal, pois é uma ancoragem que demanda energia e tempo da guarnição para montagem e, apesar da profundidade de 60 cm ter resistido ao que a norma sugere, 1.200 kgf, não é um ponto tão seguro como se esperava. Essa configuração cedeu com 1.250 kgf, sendo que após isso ela se tornou absolutamente insegura. Diferente das múltiplas estacas com pontas de eixo que se consegue ver o movimento e identificar que está se tornando insegura, nessa configuração tudo ocorre embaixo da terra, que cede e não é visível. Acreditava-se que essa seria umas das ancoragens mais resistentes, pela dificuldade de montagem, então testou-se buracos de menor profundidade, que resistiram a uma carga muito baixa, não sendo recomendado para nenhuma atividade de salvamento. Então, caso opte-se por fazer essa ancoragem, deve-se fazer um buraco de no mínimo 60 cm e com muito cuidado com o solo, pois após ceder ela é totalmente insegura, podendo gerar acidentes;
- Considerando-se a influência da resistência do solo nas ancoragens principalmente as ancoragens com estaca padrão e as estacas múltiplas com pontas de eixo, recomenda-se que os testes feitos neste trabalho sejam refeitos em diferentes tipos de solo presentes no cerrado, visando melhor avaliação da escolha da ancoragem e evidências científicas que elas poderão ser utilizadas nas mais diversas ocasiões e localidades do DF;

- O estudo e a testagem de outros materiais tão resistentes ou mais que as pontas de eixo, mas que sejam mais leves, de melhor acondicionamento e de mais fácil transporte;
- A revisão das ancoragens consideradas inseguras ou não tão seguras quanto se espera para maior segurança nas atividades de salvamento em altura, minimizando os riscos e a inclusão das ancoragens pouco difundidas, mas mais seguras que outras tradicionalmente utilizadas;
- A divulgação do Boletim de Informação Técnico-Profissional, produto desta pesquisa, a todos os bombeiros do DF para que as decisões nas ocorrências que necessitem de ancoragens em meios de fortuna sejam as mais seguras possíveis.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, Aryanne Gonçalves; PEREIRA, Fernanda Fumie Onoyamma; MUNHOZ, Cássia Beatriz Rodrigues. Fitossociologia de uma área de cerrado rupestre na fazenda sucupira, Brasília-DF. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 4, p. 350, dez. 2006. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/744/74412407.pdf>. Acesso em 23 maio 2021.

ARAÚJO, Francisco. **Manual de Instruções Técnico-Profissional – Salvamento**. Brasília, s/a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma brasileira 16325-1: Proteção contra quedas de altura**. 1. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

BRASIL. Ministério da Economia. Portaria nº 3733, de 10 de fevereiro de 2020. Aprova a nova redação da Norma Reguladora nº 18 – Segurança e Saúde no Trabalho na Indústria da Construção. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 11 fev. 2020. Seção 1, p. 21. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-n-3.733-de-10-de-fevereiro-de-2020-242575828>. Acesso em 21 dez. 2020.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 7479, de 2 de junho de 1986**. Aprova o Estatuto dos Bombeiros Militares do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, e dá outras providências. Poder executivo, Brasília, DF, 1986. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l7479.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7479.htm). Acesso em: 11 dez. 2020.

BOGIE, Don. *Snow anchors for balaying and rescue*. **International Snow Science Workshop**, California: Art Fortini, 2010.

BSI. **Mountaineering equipment – Rock anchors: Safety requirements na test methods – EN 959**. Inglaterra: BSI Standards Limited, 2018.

BSI. **Personal fall protection equipment: Anchor devices- EN 795**. Inglaterra: BSI Standards Limited, 2012.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Coletânea de manuais técnicos de bombeiros: Salvamento em altura**. 1. ed. São Paulo: CBPMESP, 2006.

CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Manual de Instrução: Salvamento em Altura**. 1. ed. Rio de Janeiro: Imprensa Oficial do Estado do Rio de Janeiro, 1991.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **Manuais Técnicos: Curso de Salvamento em Altura**. Vol. II. Florianópolis: CBMSC, 2012. Disponível em: <https://www.bombeiros.pt/wp-content/uploads/2013/07/Manual-Tecnico-Curso-de-Salvamento-em-Altura.pdf>. Acesso em 17 dez. 2020.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Apostila de Salvamento**: Salvamento 1º semestre - Unidade 1. Brasília: CBMDF, 2018a.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Boletim de Informação Técnico-Operacional**: Ancoragens. Brasília, 2020. (Aguardando publicação)

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. Centro de Formação e Aperfeiçoamento de Praças. Plano de Aula Salvamento: Curso de Formação de Praças. **Processo eletrônico SEI nº 00053-00039996/2018-10**, Brasília, DF, 2018b.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. Centro de Treinamento Operacional. Descritivos Técnicos Operacionais: Curso de Especialização em Salvamento em Altura/2019. **Processo eletrônico SEI nº 00053-00060754/2019-76**, Brasília, DF, 2019a.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Norma de emprego das viaturas**. Brasília: CBMDF, 2019b.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. Norma Interna de Segurança Básica nas Instruções Profissionais do CBMDF. **Boletim Geral nº 209, de 5 de novembro de 2019**. Brasília, 2019c.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. Portaria nº 11 de 11 de abril de 2017. Aprova e publica o Plano Estratégico do CBMDF, ciclo 2017-2024. **Boletim Geral nº 72 de 13 de abr. de 2017**. Brasília, 2017.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. Portaria nº 21 de 29 de maio de 2002. Criação do Boletim de Informação Técnico-Profissional. **Boletim Geral nº 101, de 29 de maio de 2002**. Brasília, 2002.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Salvamento**: Apostila do Aluno. 3. ed. Brasília: CBMDF, 2019d.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE GOIÁS. **Manual Operacional de Bombeiros**: Salvamento em Altura. Goiânia: CBMGO, 2017. Disponível em: <https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2017/12/MOB-SALVAMENTO-EM-ALTURA-1.pdf>. Acesso em 5 jan. 2021.

EWING, Jim. **What is 3-Sigma?** Biddeford: Sterling Rope Company, Inc. Disponível em: <https://sterlingrope.com/logbook/223-what-is-3-sigma#:~:text=The%20three%2Dsigma%20value%20is,average%20of%20the%20entire%20series>. Acesso em 6 fev. 2021.

FERNANDES, Francisco Maximino; NASCIMENTO, Vinício Martins. **Fertilidade do solo e nutrição da mangueira**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. Disponível em: [http://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/ensino/pos/Palestras\\_William/Livromanga\\_p df/06\\_fertilidadedosoloenutricaoemangueira.pdf](http://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/ensino/pos/Palestras_William/Livromanga_p df/06_fertilidadedosoloenutricaoemangueira.pdf). Acesso em 28 de julho de 2021.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Mini Aurélio**: o dicionário da língua portuguesa. 8. ed. Curitiba: Positivo, 2010.

FERREIRA JÚNIOR, Haroldo Machado; SOUZA, Paulo José Barbosa de. **Manual Técnico Profissional de Salvamento**: Materiais e Equipamentos. Vol. I. Brasília, 1973.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2014.

GIMACCO. **Ponta de eixo: Qual a função da ponta de eixo em um veículo?** Disponível em: <https://www.gimacco.com.br/ponta-eixo>. Acesso em 21 out. 2021.

L. A. *Firefighters Association. Ropes Knots and Related Rescue Systems. Anchors and Anchor Systems*. Los Angeles, v. 4, cap. 6, título 8, set. 2004.

LEAL, Roberto Rodrigues. **Um estudo sobre o serviço de Salvamento Aquático em água doce de Santa Catarina**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Formação de Oficiais) - Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, Florianópolis, 2012. Disponível em: [https://www.sobrasa.org/new\\_sobrasa/arquivos/artigos/CFO\\_2012\\_1\\_ROBERTO%20.pdf](https://www.sobrasa.org/new_sobrasa/arquivos/artigos/CFO_2012_1_ROBERTO%20.pdf). Acesso em 17 dez. 2020.

LEITE, Japhet Alves Pereira. **Elaboração de protocolo de salvamento por escavação de poço paralelo e túnel de ligação**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais) – Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, Brasília, 2011.

*NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. 1983/2017 - Standard on Life Rope and Equipment for Emergency Services*. Massachusetts: NFPA, 2017.

PAULUCIO, Felipe Ferreira *et al.* Avaliação da compactação do solo em área de cerrado *sensu stricto* através do mapeamento da resistência a penetração. **Biodiversidade**. Brasília, v.13, n. 1, p. 51, 2014.

REIS, Bruna Ferreira Mello; SILVA, Gabriel Cosme Matos; FERREIRA, Luis Antônio de Paula. **Capitação do coeficiente de atrito pneu/solo para veículos do tipo baja**. In: IX Congresso de engenharia da Universidade Federal de São João Del-Rei. Campinas: Galoá, 2019.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4. ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

SOUZA, Oclair José de. **NR 35: Uma breve análise**. 2014. Monografia (Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2014.

*STATE FIRE TRAINING. **Low angle rope rescue operational: Instructor and Student Manual.** 2. ed. California: State Fire Training, 2007.*

TRAJANO, Marlúcio Anderson da Conceição. **Técnicas verticais aplicadas a ambientes não urbanos:** Elaboração de Guia Técnico contendo ancoragens por meio de fortuna para ocorrências de Salvamento em Altura. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Formação de Oficiais) - Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, Goiânia, 2017. Disponível em:

<http://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2017/08/09-MARL%C3%9ACIO-ANDERSON-DA-CONCEI%C3%87%C3%83O-TRAJANO-T%C3%89CNICAS-VERTICAIS-APLICADAS-A-AMBIENTES-N%C3%83O-URBANOS.pdf>. Acesso em 17 dez. 2020.

*UNION INTERNATIONALE DES ASSOCIATIONS D'ALPINISME. **Rock Anchors: UIAA 123.** 4. ed. Suíça: Union Internationale des Associations d'alpinisme, 2020.*

**APÊNDICE**

## APÊNDICE A – Produto final – BITP

	<b>Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal</b> Departamento de Ensino, Pesquisa, Ciência e Tecnologia Diretoria de Ensino Centro de Treinamento Operacional		
	<b>BOLETIM DE INFORMAÇÃO TÉCNICO-PROFISSIONAL</b>		
	<b>Nº XX/2021 CETOP</b>	<b>ÁREA OPERACIONAL:</b> SALVAMENTO	<b>DATA:</b> dezembro/2021
	<b>TEMA:</b> Ancoragem em meio de fortuna estaca padrão, pontas de eixo, em veículos e natural	<b>INSERÇÃO BIBLIOGRÁFICA:</b> Manual de Salvamento em Altura	
	<b>Versão digital:</b>  		

### 1. OBJETIVO

O presente Boletim de Informação Técnico-Profissional visa avaliar a segurança e normatizar, por meio de ensaios de tração, os procedimentos técnicos para ancoragens em meios de fortuna (estaca padrão, múltiplas estacas com pontas de eixo, em veículos e natural) utilizados em salvamento em altura no âmbito do CBMDF.

### 2. INTRODUÇÃO / FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 2.1 Ancoragem em meios de fortuna

O salvamento em altura é a prática do salvamento envolvendo ambientes elevados verticais, inclinados ou horizontais (CBMDF, 2018a). Toda atividade é

sustentada por pontos que devem ser seguros, sendo eles chamados de ancoragem, podendo ser permanentes ou temporários (CBMSC, 2012). A ancoragem é o fator mais importante de qualquer operação envolvendo altura, pois é imprescindível para a segurança, sendo ela a base de toda a atividade de salvamento em altura (CBMDF, 2019b). Os pontos para ancoragem quando não são permanentes devem ser criados com o que há no ambiente em que será realizado o salvamento (CBMSC, 2012). Geralmente, em ocorrências envolvendo altura não existem pontos de ancoragem prontos para a atividade como existem em ambientes de treinamento. Nesses casos é preciso criar pontos de ancoragem seguros, pois a segurança do bombeiro deve vir em primeiro lugar e os riscos, sempre existentes, devem ser aceitáveis para salvaguardar as vidas envolvidas (CBMDF, 2019b).

A criação de pontos de ancoragem se dá com meios de fortuna, ou seja, com a utilização de equipamentos, materiais e estruturas que não foram feitos para a fixação de cordas, mas, de maneira empírica, são utilizados e conseguem sustentar a atividade (CBPMESP, 2006). Ressalta-se que o emprego de ancoragens em meios de fortuna exige do profissional conhecimento e prática no salvamento em altura, além de verificação coletiva sobre a segurança da atividade desenvolvida, como meio de resguardo para eventuais erros humanos ou acidentes (ARAÚJO, s/a).

Vale ressaltar ainda que é comum que não se tenha bons pontos de ancoragem em ambientes não urbanos o que requer cuidado com o solo em que se está trabalhando. Um bom solo para se trabalhar com ancoragens em meios de fortuna é compacto, duro, firme, plástico e pegajoso. Um bom teste é pegar um torrão do solo e tentar esmagá-lo: quanto mais difícil for, mais duro ele é. Após umedecê-lo quanto mais difícil for esmagá-lo mais firme ele é. Já ao encharcá-lo e sendo possível mondá-lo, ele é mais plástico. Ainda, com o torrão encharcado, é possível verificar se ele é pegajoso ao colocá-lo entre o polegar e o indicador, pois se grudar ele é indicado para a atividade (LEITE, 2011).

## **2.2 Ancoragem em meios de fortuna no CBMDF**

As principais ancoragens em meios de fortuna ensinadas e utilizadas pelo CBMDF são as estacas padrão e as estacas múltiplas com pontas de eixo, além da possibilidade de utilização de veículos e árvores grossas o bastante para sustentar a atividade. Vale ressaltar que não havia estudos sobre a segurança de tais métodos até o momento, apenas a prática e a experiência confirmavam que tais práticas são seguras para a atividade. Por isso, essa pesquisa objetivou testar e indicar quais são as configurações seguras para a prática do salvamento em altura.

Neste BITP verificou-se se essas ancoragens suportam a carga mínima necessária para a prática da atividade de forma segura, segundo os critérios definidos nas principais normas nacionais, NR 18 e NBR 16325-1, e internacionais, EN 795:2012, que afirmam que, no mínimo, as ancoragem devem suportar 1.200 kgf por três minutos (ABNT, 2014; BRASIL, 2020; BSI, 2012), acrescentando ainda a utilização de uma ferramenta estatística chamada *3-sigma*, que resulta em um intervalo de ruptura em 99,73% dos casos da ancoragem estudada (EWING, s/a). Segundo critério adotado pelo CBMDF, o mínimo de segurança aceitável é o parâmetro 10:1, ou seja, a ancoragem deve suportar 10 vezes mais que a carga a que está sendo submetida, no mínimo (CBMDF, 2019a). Avaliou-se também a maneira como foram montadas, a variação que o solo pode exercer sobre elas em algumas situações (umidade e terreno, a depender da ancoragem), a angulação de trabalho e outros fatores de montagem.

### **2.2.1 Ancoragem com estaca padrão**

A ancoragem com estaca padrão pode ser classificada em horizontal ou vertical.

A ancoragem com estaca padrão horizontal consiste em um pé de cabra, alavanca ou outro objeto resistente, com dois nós fiéis amarrados nas extremidades e um nó oito no seio de um cabo da vida. A ferramenta é enterrada em um buraco de no mínimo 60 cm de profundidade, com uma rampa de 45° para a saída do cabo da vida na direção em que será feita a tração. Então, a corda que se pretende ancorar é

amarrada ao nó oito no seio do cabo da vida (CBMDF, 2020). É uma ancoragem que pode ser utilizada em ambientes não urbanos e onde não haja árvores confiáveis e carros ou viaturas não cheguem ao local (L. A., 2004).

Vale ressaltar que esse tipo de ancoragem e a ancoragem com múltiplas estacas devem ser feitas com especial cuidado com o solo, pois este pode ser mais ou menos resistente a depender especialmente da localidade e umidade.

**Figura 45 - Ancoragem com estaca padrão horizontal**



Fonte: Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (2020).

Já a ancoragem com estaca padrão vertical consiste na colocação de estacas de aço de cerca de um metro, pontiagudas de um lado, se possível, para melhor penetração no solo. As estacas são cravadas no solo até cerca de 2/3 do seu comprimento com um ângulo de 15° em relação ao eixo vertical e oposto à carga. Após a fixação de, no mínimo três estacas, é feita uma amarração com fitas ou cordeletes em que se une a base superior da estaca mais a frente à base inferior da estaca logo atrás, retornando à estaca da frente (L. A., 2004). Então, entre as estacas, é inserido uma outra estaca, que pode ser menor e menos resistente, torce-se esta à fita ou cordelete e finca-se ela ao solo, apenas para criar uma tensão entre as estacas. Comum que esta ancoragem seja feita no sistema 1:1:1, podendo ser feita de outras formas a depender do solo e da umidade (L. A., 2004). Esta ancoragem não é muito comum no CBMDF, mas pode ser usada facilmente com pontas de eixo e algumas adaptações.

**Figura 46 - Ancoragem com estaca padrão vertical**



Fonte: L. A. Firefighters Association (2004).

### **2.2.2 Ancoragem estacas múltiplas com pontas de eixo**

A ancoragem estacas múltiplas com pontas de eixo é uma opção para quando não há outros meios de ancoragem e o solo é relativamente compacto e duro. A técnica pode ser feita com uma, duas ou três pontas de eixo, devendo ser fincadas no solo com ângulo de  $15^\circ$  em relação ao eixo vertical e contrárias ao local de trabalho. Essa configuração segue o mesmo padrão da estaca padrão vertical, com algumas variações (CBMDF, 2019c).

Com a utilização de apenas uma ponta de eixo a amarração é feita diretamente em sua base (figura 3), sendo comumente utilizada para montagem de estais, como representado na figura 4 (CBMDF, 2019c).

**Figura 47 - Ancoragem estacas múltiplas com uma ponta de eixo**



Fonte: A autora (2021).

**Figura 48 - Estal com uma ponta de eixo**



Fonte: A autora (2021).

A montagem com duas pontas de eixo pode ser feita em linha ou em paralelo. Em linha as pontas de eixo são unidas com uma amarração e a ponta de eixo de trás não é ligada diretamente à carga, mas segura o avanço da ponta de eixo da frente, que é ligada diretamente à carga (figura 5), de maneira parecida com a estaca padrão vertical encontrada na bibliografia (L. A., 2004). Em paralelo, as pontas de eixo são postas lado a lado, sendo feita a amarração com a ponta de um cabo da vida em cada ponta de eixo e um nó oito equalizado no cabo permeado para que as duas pontas de eixo sejam tracionadas ao mesmo tempo, como mostra a figura 6

(CBMDF, 2020). Essas configurações com duas pontas de eixo não são muito comuns nos trabalhos do CBMDF, mas é uma variação possível.

**Figura 49 - Ancoragem estacas múltiplas com duas pontas de eixo em linha**



Fonte: A autora (2021).

**Figura 50 - Ancoragem estacas múltiplas com duas pontas de eixo em paralelo**



Fonte: A autora (2021).

Já com três pontas de eixo, a ancoragem é montada formando um triângulo no qual a base fica na direção onde será feito o trabalho, e a ponta de eixo de trás ajuda a evitar o avanço das pontas de eixo da frente. Após a fixação das pontas de eixo, pode-se colocar uma alavanca atrás da base do triângulo para melhor ajuste e, com um cabo da vida, fixar a alavanca às pontas de eixo com as pontas do cabo e no seio confeccionar um nó oito equalizado para que a força seja dividida entre as

pontas de eixo (CBMDF, 2020). O mais importante nessa configuração é o cabo da vida estar permeado para que as pontas de eixo sejam tracionadas ao mesmo tempo. Essa técnica pode ser feita também sem a alavanca, que é opcional, fixando diretamente o cabo da vida às pontas de eixo. A alavanca garante que a base do triangulo será tracionada de maneira equivalente (CBMDF, 2020). A configuração com três pontas de eixo é a mais difundida no CBMDF.

**Figura 51 - Ancoragem estacas múltiplas com três pontas de eixo e alavanca**



Fonte: Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (2020).

**Figura 52 - Ancoragem estacas múltiplas com pontas de eixo sem alavanca**



Fonte: A autora (2021).

### **2.2.3 Ancoragem natural**

Se houver uma árvore confiável o suficiente no local do incidente, com um solo firme, é recomendável o uso da ancoragem natural (CBMGO, 2017). Em ancoragens naturais deve-se sempre analisar a integridade do ponto, possível risco de queda e se sua estrutura suporta a carga que será imposta (CBMDF, 2018b). Mesmo quando o ponto aparenta ser a prova de bomba, ponto que não precisa de um ponto secundário por ser muito resistente, é sempre aconselhável fazer o *backup* deste ponto principal (CBPMESP, 2006).

No Distrito Federal, o diâmetro médio comumente encontrado nas árvores é de cerca de 10 cm e cerca de 1% possui diâmetro acima de 25 cm (AMARAL; PEREIRA; MUNHOZ, 2006). Em contrapartida, as árvores do cerrado geralmente possuem raízes profundas, o que aumenta a resistência mecânica à tração (TRAJANO, 2017), por isso é preciso analisar bem o ponto antes de optar por uma ancoragem natural, pois apesar das raízes profundas, pode ser que ele não seja espesso o suficiente para ser considerado seguro.

A amarração pode ser feita diretamente com o cabo de resgate ou, de maneira indireta, com a utilização de materiais como fitas ou outros cabos, a depender de cada situação (CBMDF, 2019c). Deve-se optar por fazer a amarração mais próximo à base que ao topo, para evitar o efeito alavanca.

**Figura 53 - Ancoragem natural direta**



Fonte: Araújo (s/a, p. 89).

**Figura 54 - Ancoragem natural indireta**



Fonte: Araújo (s/a, p. 89).

#### **2.2.4 Ancoragem em veículos**

Veículos geralmente são considerados bons pontos de ancoragem por sua robustez. Para sua utilização, algumas regras devem ser observadas: (i) o motor deve estar desligado e a chave removida para evitar acidentes, pois o veículo não pode ser movido durante o resgate; (ii) o freio deve estar acionado; e (iii) as rodas devem estar calçadas. Mesmo em viaturas sem pontos de ancoragem próprios, esses veículos podem ser utilizados como tal. Sugere-se o uso de pontos estruturais dos

veículos para fazer a amarração ou posicionar fitas e cordas auxiliares, observando a possível existência de pontas que possam prejudicar o material utilizado para a ancoragem (L. A., 2004).

**Figura 55 - Ancoragem em veículos - ganchos frontais**



Fonte: A autora (2021).

**Figura 56 - Ancoragem em veículos - roda**



Fonte: A autora (2021).

### 3. DESCRIÇÃO

#### 3.1 Procedimento geral para testagem das ancoragens em meios de fortuna utilizadas no CBMDF

A proposta do estudo foi analisar os principais e corriqueiros meios de fortuna utilizados em ancoragens pelo CBMDF quanto à carga que suportam e apontar quais são seguros segundo as principais normas nacionais e internacionais. Para isso, utilizou-se dinamômetros para mensurar a carga que estava sendo suportada pelas ancoragens e um guincho manual de alavanca para tracionar até a ancoragem ceder ou até atingir a carga de 1.200 kgf, considerada mínima para o salvamento. Quando a ancoragem suportou esse valor aguardou-se três minutos, tempo que as normas sugerem para considerar uma ancoragem segura (ABNT, 2014; BRASIL, 2020; BSI, 2012).

Nos casos em que a ancoragem suportou a carga pelo tempo sugerido pelas normas em cinco testes ela foi considerada segura de maneira qualitativa. Porém, nos casos em que a ancoragem se rompeu durante o teste foi aplicado a Regra de *3-sigma*, ou seja, essa ancoragem foi testada cinco vezes até o rompimento, desde que o valor tenha sido menor que 1.200 kgf. Fez-se a média e o desvio padrão desses cinco testes, então somou-se e subtraiu-se três desvios padrões da média, sendo este, o intervalo que a ancoragem suporta em 99,73% dos casos, segundo essa ferramenta estatística (EWING, s/a).

Além de verificar a segurança das ancoragens, analisou-se superficialmente a influência do solo nas ancoragens com múltiplas estacas com pontas de eixo, com estacas padrão e nas ancoragens em veículos. Verificou-se ainda a influência da angulação de trabalho e da umidade do solo nas estacas múltiplas com pontas de eixo.

### 4. RESULTADOS

#### 4.1 Ancoragem com estaca padrão

Montou-se a ancoragem no padrão que é utilizado pelo CBMDF: um buraco com 60 cm de profundidade e a amarração saindo em 45° no sentido de tração. Então tracionou-se com guincho manual de alavanca e um dinamômetro verificando

a força aplicada, que atendeu aos requisitos mínimos exigidos pelas normas nos cinco testes. Porém, ao tracionar pouco acima do exigido pela norma, 1.250 kgf, a ancoragem cedeu.

A fim de testar se a profundidade regulamentada de 60 cm era realmente necessária fez-se também testes com buraco de 45 cm e de 30 cm. Ambos cederam abaixo do que é considerado minimamente seguro e, por isso, não foram feitos os cinco testes, sendo essas possibilidades descartadas.

Os testes de cada ancoragem com estaca padrão estão no apêndice I.

Segue uma tabela comparativa com os resultados dos testes em ancoragem com estaca padrão com as diferentes profundidades testadas:

**Tabela 1 - Comparativo configurações estaca padrão**

	<b>60 cm</b>	<b>45 cm</b>	<b>30 cm</b>
<b>Média (kgf)</b>	1.200	432	245
<b>3-sigma</b>	-	-	-

Fonte: A autora (2021).

## **4.2 Ancoragem estacas múltiplas com pontas de eixo**

Diversas configurações de ancoragens com múltiplas pontas de eixo foram testadas: com uma estaca variando angulação, profundidade e umidade do solo, com duas em linha e em paralelo e com três estacas, sendo duas à frente tracionadas diretamente e concomitantemente pela carga (em paralelo) e uma mais atrás, centralizada, evitando o avanço das estacas que estavam conectadas à carga (em linha).

### **4.2.1 Estaca simples**

Essa configuração de ancoragem foi montada de diferentes formas para que se concluísse sobre a angulação que melhor trabalha, a profundidade mínima para

se ter um bom resultado e ainda se analisou superficialmente a influência de solo úmido e seco.

Nos testes alterou-se o ângulo de colocação das estacas no solo seco para verificar a reação da ancoragem. Fez-se a sequência de cinco testes com ângulo próximo de  $0^\circ$  em relação ao eixo vertical, como mostra a figura 13, e o mesmo com a estaca com uma leve inclinação oposta à tração, conforme exposto na figura 14, ressaltando que a bibliografia sugere  $15^\circ$  opostos a tração (L. A., 2004). Os números dos dois testes foram muito parecidos, tendo os melhores desempenhos de todas as configurações com uma estaca simples. O teste em que o ângulo foi superior a  $30^\circ$  teve uma menor resistência, por isso o limite de  $30^\circ$ .

**Figura 13 - Estaca simples 0**



Fonte: A autora (2021).

**Figura 14 - Estaca simples leve angulação**



Fonte: A autora (2021).

A bibliografia sugere que a estaca esteja com dois terços do seu comprimento enterrado (L. A., 2004), porém verificou-se que essa profundidade deve ser de no mínimo 45 cm para o solo testado, independentemente do tamanho da estaca, pois ao fazer o teste com 30 cm do comprimento da ponta de eixo enterrada (figura 15) a carga suportada pela ancoragem apresentou redução média de cerca de 50%, ficando muito abaixo do recomendado para o trabalho de salvamento.

**Figura 1557 - Estaca simples 30 cm de profundidade**



Fonte: A autora (2021).

Ao verificar a umidade do solo percebeu-se que este tem grande influência sobre a resistência da ancoragem, diminuindo-a bastante. Utilizou-se para esses testes a angulação próxima de  $15^\circ$  em relação ao eixo vertical e a profundidade de 45 cm, ou seja, na melhor configuração da estaca simples, como mostra a figura 16. No solo úmido os testes obtiveram média e intervalo de  $3\text{-}\sigma$  muito abaixo do resultado dos testes em solo seco e com a mesma configuração.

**Figura 1658 - Estaca simples no solo úmido**



Fonte: A autora (2021).

No apêndice I estão presentes todos os testes feitos nas respectivas variações analisadas. Segue, na tabela 2, um comparativo das diferentes configurações testadas para a estaca simples:

**Tabela 2 - Comparativo configurações estaca simples**

	<b>Solo seco Ângulo 0° Encravada 45 cm</b>	<b>Solo seco Ângulo 20° - 38° Encravada 45 cm</b>	<b>Solo seco Ângulo 20° - 30° Encravada 30 cm</b>	<b>Solo úmido Ângulo 20° - 30° Encravada 45 cm</b>
<b>Média (kgf)</b>	1.105,6	1.114,8	562	646
<b>3-sigma</b>	1.409,71 kgf - 801,5 kgf	1.486,2 kgf - 743,2 kgf	964,48 kgf - 159,5 kgf	894,43 kgf - 397,6 kgf

Fonte: A autora (2021).

#### **4.2.2 Estaca dupla**

Foram testadas duas configurações comumente encontradas na bibliografia consultada: em linha e em paralelo (L. A., 2004; CBMDF, 2020). Ressalta-se que não é comum sua utilização no âmbito do CBMDF, mas pode vir a ser pela simplicidade da técnica e pelos bons resultados obtidos.

As estacas duplas em paralelo, figura 17, apresentaram certa variação da resistência suportada, resultando em média de 1.142,4 kgf e 3- $\sigma$  com intervalo de 1.380,3 kgf a 904,5 kgf, ou seja, 99,73% das ancoragens duplas em linha romperão neste intervalo.

**Figura 17 - Estaca dupla em paralelo**



Fonte: A autora (2021).

Já as estacas duplas em linha surpreenderam, pois em todos os cinco testes a ancoragem suportou os 1.200 kgf sem grande deformação do ângulo durante três minutos. Montou-se essa ancoragem tentando alinhar as duas estacas com a carga e unindo as estacas com uma amarração com cabo da vida. A carga é presa apenas na estaca da frente, porém a estaca de trás evita que a estaca da frente avance, fazendo com que a ancoragem deformasse pouco e suportasse os cinco testes pelo tempo que a norma sugere. A estaca dupla em linha é ilustrada na figura 18.

**Figura 1859 - Estaca dupla em linha**

Fonte: A autora (2021).

No apêndice I estão presentes os resultados dos cinco testes feitos em cada uma das configurações. Segue, na tabela 3, um comparativo das diferentes configurações testadas para a estaca simples:

**Tabela 3 - Comparativo configurações estacas duplas**

	<b>Em linha</b>	<b>Em Paralelo</b>
<b>Média (kgf)</b>	1.200	1.142,4
<b>3-sigma</b>	-	1.380,3 kgf - 904,5 kgf

Fonte: A autora (2021).

#### **4.2.3 Estaca tripla**

A ancoragem com estaca tripla é a configuração mais utilizada e ensinada pelo CBMDF para salvamento em altura. Ela se mostrou segura, resistindo aos testes pela carga (1.200 kgf) e tempo (três minutos) que as normas adotadas sugerem. Chegou a tracionar-se essa ancoragem até o limite do guincho manual de alavanca, 1.800 kgf, sem que a mesma apresentasse indícios de que iria ceder.

**Figura 1960 - Estaca tripla**

Fonte: A autora (2021).

### **4.3 Ancoragem natural**

Para testar ancoragens naturais típicas do cerrado optou-se por analisar uma árvore de 15 cm de diâmetro pela insegurança que uma árvore de 10 cm, diâmetro médio típico do cerrado (AMARAL; PEREIRA; MUNHOZ, 2006), pode gerar. Então tracionou-se com guincho manual de alavanca medindo a força com um dinamômetro, uma árvore do tipo mangueira, figura 20, por terem raízes mais superficiais (FERNANDES; NASCIMENTO, 2004), com o diâmetro mínimo julgado seguro, 15 cm, como mostra a figura 21. Esta árvore suportou os cinco testes de 1.200 kgf durante três minutos sem parecer estar cedendo em momento algum. Chegou-se a tracioná-la até 1.600 kgf sem ela dar sinais que iria ceder e interrompeu-se por conta da carga máxima do guincho manual de alavanca utilizado.

**Figura 2061 - Ancoragem natural - árvore de 15 cm de diâmetro**

Fonte: A autora (2021).

**Figura 21 - Árvore de 15 cm de diâmetro**



Fonte: A autora (2021).

#### **4.4 Ancoragem em veículos**

Para testar a ancoragem em veículos optou-se por utilizar as viaturas mais leves presentes no socorro: o Auto Rápido (AR) e a Unidade de Resgate (UR), então caso os testes fossem favoráveis para utilizá-las como pontos de ancoragens isso seria válido para as viaturas maiores também, como o Auto Salvamento e Extinção (ASE) e o Auto Bomba Tanque (ABT).

Aplicou-se a metodologia de tracionar com guincho manual de alavanca e medir a força aplicada com um dinamômetro, inicialmente nas rodas traseira e dianteira em terreno asfaltado e de terra, com a viatura lateralizada e testou-se algumas variações de posicionamentos das fitas na roda (figuras 22 e 23) para melhor estabilidade, principalmente ao utilizar a roda dianteira, que tende a girar. Na viatura tipo AR montou-se ancoragens nos ganchos frontais também, que são presos a longarina e tendem a ser pontos resistentes.

**Figura 2262 - Amarração mais estável**



Fonte: A autora (2021).

**Figura 2363 - Amarração menos estável**



Fonte: A autora (2021).

**Figura 2464 - AR em asfalto - ganchos frontais**



Fonte: A autora (2021).

#### **4.4.1 Ancoragem em veículos no asfalto**

Os resultados dos testes feitos encontram-se no apêndice I. Segue a tabela comparativa dos resultados das ancoragens nas rodas dianteira e traseira em AR's e UR's no asfalto:

**Tabela 45 - Comparativo ancoragens em veículos em asfalto**

	<b>UR Asfalto Roda dianteira</b>	<b>UR Asfalto Roda traseira</b>	<b>AR Asfalto Roda dianteira</b>	<b>AR Asfalto Roda traseira</b>
<b>Média (kgf)</b>	1.200	1.200	982,2	978,4
<b>3-sigma</b>	-	-	1.405,92 kgf - 558,5 kgf	1.141,15 kgf - 815,5 kgf

Fonte: A autora (2021).

##### **4.4.1.1 UR**

Nos testes da viatura tipo UR tanto a roda traseira quanto a dianteira suportaram 1.200 kgf durante três minutos nos cinco testes no asfalto, sendo que tentou-se arrastá-la, chegando a 1.600 kgf na roda traseira e ela permaneceu

imóvel. Os testes com a roda dianteira ocorreram conforme a configuração demonstrada na figura 22 e na roda traseira conforme a figura 25:

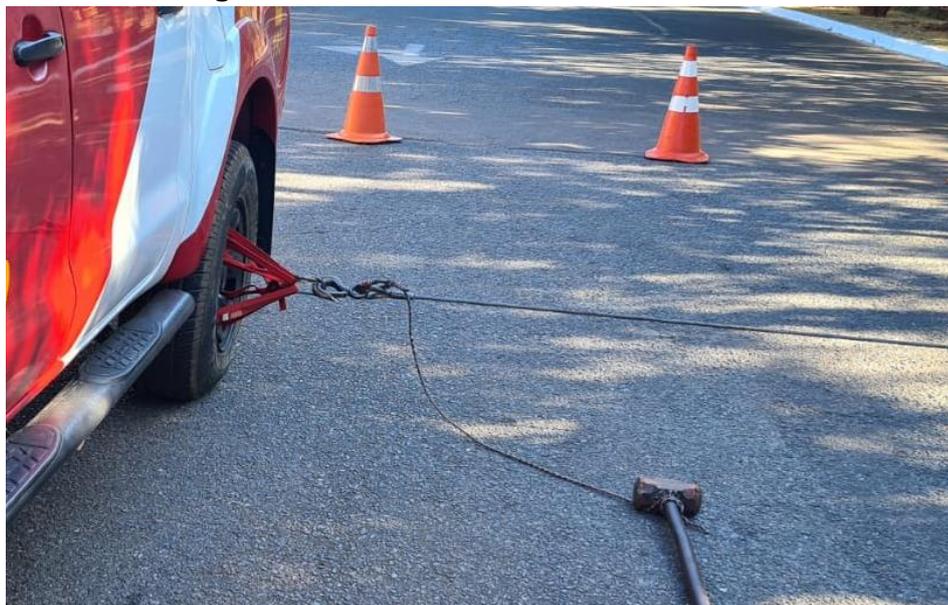
**Figura 2565 - UR em asfalto - roda traseira**



Fonte: A autora (2021).

#### 4.4.1.2 AR

Já com a viatura tipo AR ao ancorar na roda traseira, conforme mostra a figura 26, a média suportada foi de 978,4 kgf e o intervalo 3-*sigma* de 1.141,15 kgf a 815,5 kgf, sendo os testes interrompidos quando a viatura era arrastada. Na roda dianteira os cinco testes ocorreram com a configuração mostrada na figura 27 resultando na média de 982,2 kgf e o intervalo 3-*sigma* de 1.405,92 kgf a 558,5 kgf.

**Figura 2666 - AR em asfalto - roda traseira**

Fonte: A autora (2021).

**Figura 2767 - AR em asfalto - roda dianteira**

Fonte: A autora (2021).

A viatura AR/ARF possui ganchos presos à longarina, parte estrutural do veículo (CBMDF, 2019c) que aparentam ser seguros, decidindo-se por aplicar o teste também nesses pontos, como mostra a figura 24. Porém pelo fato de a viatura ficar posicionada de frente, no sentido de deslocamento das rodas, esta tendenciou a ser arrastada mais facilmente. Os testes obtiveram média de 539,2 kgf e intervalo 3-*sigma* de 819,91 kgf a 258,5 kgf.

#### 4.4.2 Ancoragem em veículos na terra

Aplicou-se os testes com as viaturas AR e UR lateralizadas, ancorando nas rodas por serem as configurações mais estáveis anteriormente testadas no asfalto. Os resultados detalhados dos testes de cada uma das configurações encontram-se no apêndice I. Segue uma tabela comparativa das ancoragens em veículos na terra:

**Tabela 46 - Comparativo ancoragens em veículos em terra**

	<b>UR Terra Roda dianteira</b>	<b>UR Terra Roda traseira</b>	<b>AR Terra Roda dianteira</b>	<b>AR Terra Roda traseira</b>
<b>Média (kgf)</b>	1.004,4	1.056,8	768	549,2
<b>3-sigma</b>	1.374,93 kgf - 633,8 kgf	1.141,82 kgf - 971,8 kgf	1.068,66 kgf - 467,3 kgf	728,51 kgf - 369,9 kgf

Fonte: A autora (2021).

##### 4.4.2.1 UR

A sequência de testes feitos na UR em terra nas rodas dianteiras como mostra a figura 28, deu média de 1.004,4 kgf, enquanto o 3-sigma ficou com intervalo de arrastamento de 1374,93 kgf a 633,8 kgf em 99,73% dos casos. Já os testes na roda traseira na UR, como na figura 29, tiveram média de 1.056,8 kgf e intervalo 3-sigma de 1141,82 kgf a 971,8 kgf, ou seja, a grande maioria das ancoragens na roda traseira deste tipo de veículo arrastará neste intervalo.

**Figura 2868 - UR em terra - roda dianteira**



Fonte: A autora (2021).

**Figura 2969 - UR em terra - roda traseira**



Fonte: A autora (2021).

#### 4.4.2.2 AR

Os testes na roda dianteira, ilustrada na figura 30, obtiveram média de 768 kgf e intervalo 3-*sigma* de 1.068,66 kgf a 467,3 kgf, enquanto os testes na roda traseira (figura 31) trouxeram uma média um pouco menor, de 549,2 kgf, sendo

insuficiente para considerá-la segura, ficando com o intervalo 3- $\sigma$  de 728,51 kgf a 369,9 kgf.

**Figura 30 - AR em terra - roda dianteira**



Fonte: A autora (2021).

**Figura 31 - AR em terra - roda traseira**



Fonte: A autora (2021).

## 5. ANÁLISE

### 5.1 Ancoragem estaca padrão

Essa é uma ancoragem que se acreditava ser bastante resistente pela robustez e dificuldade de executá-la, tanto que a ideia inicial era avaliar a

necessidade de 60 cm de profundidade, pois acreditava-se que ela seria muito resistente. Esse foi um dos testes mais surpreendentes negativamente, pois havia a ideia que arrastar um bloco de terra fosse algo mais difícil do que realmente o é.

Essa ancoragem demanda muita energia e tempo da guarnição que vai executá-la e nem sempre é tão segura: a única configuração que é considerada segura segundo as normas nacionais e internacionais, NR 18, NBR 16325-1 e EN 795: 2012, adotadas nesta pesquisa é com o buraco de 60 cm. Mesmo assim, ela cedeu pouco acima do recomendável para ser considerada segura, 1.250 kgf, evidenciando que ela não é um ponto bomba como se esperava.

Ao tracionar é sensível o momento que o solo começa a ceder, pois a tração com o guincho manual de alavanca começa a ficar leve, e percebe-se que esse é o exato momento que a terra cede. Após o solo ceder, a ancoragem se torna absolutamente insegura, conforme evidenciado na figura 32, na qual o pé da autora indica o lugar onde a ancoragem estava enterrada e mostra que o pé de cabra se deslocou até onde mostra a imagem na configuração com 60 cm após receber a tração de 1.250 kgf. Na figura 33 fica evidente o quanto a terra levantou após a tração, sendo que foi empregado apenas 432 kgf, com o buraco de 45 cm.

**Figura 32 - Ancoragem com estaca padrão 60 cm após ceder**



Fonte: A autora (2021).

**Figura 3370 - Ancoragem com estaca padrão 45 cm após ceder**



Fonte: A autora (2021).

As montagens com 45 cm e com 30 cm de profundidade não passaram nos testes para serem consideradas seguras. Elas cederam bem abaixo do que é o mínimo para a atividade, sendo 432 kgf e 245 kgf, respectivamente. Pela dificuldade de montagem dos buracos para essas ancoragens e elas não terem resistido a um valor considerável e relevante, esses dois testes não foram feitos cinco vezes e foram descartados.

O uso da ancoragem com estaca padrão deve ser repensado quanto ao seu uso para atividade de salvamento em altura envolvendo cargas humanas, pois, apesar de ter resistido ao que as normas sugerem em sua configuração recomendada (60 cm) ela cedeu com um pouco mais que a carga mínima exigida. Além disso, após o momento em que a terra cede, a ancoragem se torna absolutamente insegura, podendo gerar acidentes.

Vale ressaltar que essa ancoragem depende bastante da resistência do solo. No caso da presente pesquisa os testes foram realizados em um solo relativamente denso e, ainda assim, os testes decepcionaram pela pouca carga suportada.

## **5.2 Múltiplas estacas com pontas de eixo**

As múltiplas estacas com pontas de eixo surpreenderam positivamente nos testes, mostrando-se com apenas duas pontas de eixo até mais segura que a estaca

padrão, sendo que o gasto de energia e tempo para sua montagem é substancialmente menor.

### **5.2.1 Estaca simples**

Após os testes com estaca simples, variando angulação, profundidade e umidade, concluiu-se que a angulação ideal para as estacas é de  $0^\circ$  e  $30^\circ$  em relação ao eixo vertical e oposto a tração. A profundidade de encravamento da estaca no solo é de no mínimo 45 cm, perdendo muita resistência ao encravar menos que isso. Percebeu-se ainda que o solo ideal para essas ancoragens é seco e compacto, apresentando, dessa forma, seu melhor desempenho.

A ancoragem com uma estaca enterrada ao menos com 45 cm, com angulação entre  $0^\circ$  e  $30^\circ$  e em solo seco e compacto mostrou-se eficaz para atividades como estaiamento, como já é comumente utilizada no CBMDF, e segurança de carga não viva de até 80 kg, levando em consideração o fator de segurança adotado para salvamento de 10:1 (CBMDF, 2019a). Porém, com uma única estaca nenhuma configuração pôde ser avaliada como segura para salvamento em altura segundo as normas adotadas neste estudo e essa seria uma afirmação complexa por depender muito do solo, logo não deve ser utilizada para a salvamento em altura.

### **5.2.2 Estaca dupla**

As estacas duplas em paralelo apresentaram certa variação da resistência suportada. Em três dos cinco testes ela foi considerada segura segundo as normas adotadas neste estudo, porém em dois testes houve um aumento muito grande da angulação após a tração, a tornando insegura e interrompendo o teste. Porém, ainda assim, essa configuração surpreendeu com os resultados, ficando dentro do fator de segurança adotado pela corporação de 10:1 (CBMDF, 2019a). Nessa configuração de ancoragem, merece especial atenção a centralização do cabo que une as estacas com a carga, para que as duas estacas sejam tracionadas juntas, pois do contrário a ancoragem funcionará como uma estaca simples. A figura 34

mostra um avanço desigual das estacas, evidenciando que o cabo não estava centralizado.

**Figura 714 - Estaca dupla em paralelo após a tração - avanço desigual**



Fonte: A autora (2021).

Já as estacas duplas em linha surpreenderam, pois em todos os cinco testes a ancoragem suportou os 1.200 kgf sem grande deformação do ângulo durante três minutos, sendo considerada segura para atividade de salvamento em altura segundo as normas adotadas nesta pesquisa. Essa é uma configuração de ancoragem simples, de rápida montagem e relativamente resistente, podendo ser difundida na corporação como uma opção eficaz.

Em ambas as montagens, deve-se atentar pra centralização e alinhamento da carga e ainda pro solo em que se está trabalhando, pois, o solo estudado era relativamente compacto o que pode ter corroborado para o bom resultado com apenas duas estacas.

As configurações com duas estacas obtiveram bons resultados. Ainda são pouco utilizadas pelo CBMDF e se saíram relativamente bem no teste, podendo ser avaliadas para que seu uso seja disseminado na corporação. A ancoragem com estaca dupla em paralelo atende ao requisito mínimo de 10:1 com até 90 kg de carga (CBMDF, 2019<sup>a</sup>), enquanto a ancoragem com estaca dupla em linha é considerada segura segundo as normas adotadas neste estudo, tendo suportado todos os testes (ABNT, 2014; BRASIL, 2020; BSI, 2012).

### **5.2.3 Estaca tripla**

A ancoragem com estaca tripla é um misto das estacas duplas em paralelo e em linha. A tração ocorre nas duas estacas da frente e elas são unidas à estaca de trás por cabos com amarrações. Essa estaca que fica na parte de trás não recebe diretamente a carga e segura o avanço das estacas da frente, tornando a ancoragem segura para as atividades de salvamento em altura. Constatou-se que as estacas que estavam recebendo a tração avançaram pouco em relação aos testes com as outras configurações de ancoragem.

Tentou-se romper essa ancoragem, porém ao chegar em 1.800 kgf ela havia alterado muito pouco sua configuração inicial e o guincho manual de alavanca utilizado na tração já estava em seu limite de carga, correndo o risco de romper o fusível, motivo pelo qual o teste foi interrompido.

Essa é de fato a ancoragem com estacas e/ou pontas de eixo mais segura, pois as três estacas formando um triângulo dividem a força e evita o avanço das pontas de eixo tracionadas, sendo altamente recomendável para a atividade de salvamento em altura, atendendo às normas adotadas neste trabalho e ainda a outras mais exigentes como a norma 1983:2017 *National Fire Protection Association* (NFPA) e a União Internacional de Associações de Alpinistas (ABNT, 2014; BRASIL, 2020; BSI, 2012, BSI, 2018; NFPA, 2017; UIAA, 2020).

Existe uma pequena variação dessa ancoragem, apresentada passando uma alavanca atrás das estacas da frente, como mostra a figura 7. No entanto, ao fazer os testes sem a alavanca (figura 19) percebeu-se que sua utilização é dispensável, pois ela apenas ajudaria a tracionar as duas estacas concomitantemente. Foi percebido nos testes que o que determina se ambas serão tracionadas ao mesmo tempo é a amarração e a centralização com a carga.

### **5.3 Ancoragem natural**

Para testar ancoragens naturais típicas do cerrado optou-se por analisar uma árvore de 15 cm de diâmetro pela insegurança que uma árvore de 10 cm, diâmetro médio típico do cerrado (AMARAL; PEREIRA; MUNHOZ, 2006), pode gerar.

Algumas árvores com menor diâmetro podem ser bons pontos de ancoragem, mas a generalização pode ser perigosa, como quando não se conhece o terreno e a árvore e se julga somente pelo diâmetro. Por isso, estabeleceu-se o diâmetro mínimo de 15 centímetros para uma árvore aparentemente saudável e íntegra.

Aplicou-se a metodologia, tração com guincho manual de alavanca, medindo a força com um dinamômetro, em uma árvore do tipo mangueira que suportou bem os cinco testes de 1.200 kgf durante três minutos sem parecer estar cedendo em momento algum. Chegou-se a tracioná-la até 1.600 kgf sem ela dar sinais que iria ceder e interrompeu-se por conta da carga máxima do guincho manual de alavanca utilizado.

Optou-se por testar uma mangueira, árvore com raízes mais superficiais que as típicas do cerrado, por serem muito comuns no Distrito Federal (FERNANDES; NASCIMENTO, 2004). Logo uma árvore com raízes mais profundas tende a resistir ainda mais, mesmo não se conseguindo chegar a este limite com a ferramenta utilizada.

A ancoragem natural, quando se tem garantia de ser um ponto saudável e íntegro, é um dos melhores pontos a se escolher. As raízes profundas, o caule saudável e a tração partindo de sua base (CBMDF, 2018b; TRAJANO, 2017) são bons parâmetros para uma ancoragem segura.

#### **5.4 Ancoragem em veículos**

Antes de iniciar propriamente os testes, analisou-se a amarração nas rodas que seria mais estável. Principalmente na roda dianteira, por girar, a amarração mais estável e recomendável em todos os casos é a constante da figura 22.

##### ***5.4.1. Ancoragem em veículos no asfalto***

Nos testes da viatura tipo UR tanto a roda traseira quanto a dianteira foram bem-sucedidas no asfalto, sendo avaliadas como ancoragens seguras para a atividade de salvamento em altura. Ambas variações suportaram 1.200 kgf durante três minutos nos cinco testes no asfalto, sendo que tentou-se arrastá-la, chegando

a 1.600 kgf na roda traseira e ela permaneceu imóvel. Ou seja, é uma viatura que pode ser utilizada para ancoragem e é comumente encontrada em todas as ocorrências emergenciais do CBMDF, por ser a viatura que transporta vítimas. Os testes com a roda dianteira ocorreram conforme a configuração demonstrada na figura 22 e na roda traseira conforme a figura 25.

Já a viatura tipo AR, por ser uma viatura um pouco mais leve que a UR, não foi tão bem-sucedida nos testes, porém se necessário utilizar essa viatura deve-se optar pela roda traseira, pois apesar de sua média ter sido minimamente menor, o desvio padrão foi mais alto nos testes da roda dianteira, trazendo um intervalo de trabalho mais seguro na roda traseira e atende ao mínimo fator de segurança aceito pelo CBMDF de 10:1. Deve-se manter em observação o comportamento da viatura, pois ela começa a arrastar lentamente, motivo pelo qual o veículo deve estar em um local seguro e a cena isolada.

A viatura AR/ARF possui ganchos presos à longarina, parte estrutural do veículo (CBMDF, 2019c) que aparentam ser bastante seguros, decidindo-se por aplicar o teste também nesses pontos, como mostra a figura 28. Porém, pelo fato de a viatura ficar posicionada de frente, no sentido de deslocamento das rodas, esta tendenciou a ser arrastada mais facilmente, não sendo recomendado seu uso para a atividade de salvamento em altura. Os testes ficaram com intervalo de arrastamento da ancoragem que não atende nem às normas adotadas neste trabalho e nem ao critério mínimo de 10:1 do CBMDF.

Ou seja, no asfalto deve-se sempre optar por utilizar as rodas traseiras como ponto de ancoragem, pois em todos os testes ele se comportou melhor. Na viatura mais leve, AR, a ancoragem não é considerada segura para a prática de salvamento em altura segundo as normas EN 795: 2012 NBR 16325-1 e NR 18, mas em caso de emergência essa ancoragem atende ao critério mínimo de 10:1 exigido pelo CBMDF. Já a viatura tipo UR é recomendável seu uso na atividade, devendo-se optar pelas rodas traseiras, que foram bem-sucedidas em todos os testes e são mais estáveis.

#### **5.4.2 Ancoragem em veículos na terra**

A metodologia aplicada em veículos no asfalto foi feita também em local de terra. Testou-se as ancoragens nas rodas dianteiras e traseiras neste tipo de terreno para verificar a variação que causaria. O resultado dos testes evidenciou o que se suspeitava: a terra dá menos aderência aos pneus, o que gerou dados menores nos testes na terra comparados aos no asfalto. Na terra nenhum dos testes seria aprovado segundo as normas EN 795: 2012, NBR 16325-1 e NR 18, pois todos foram arrastados antes do valor recomendado, causando a interrupção dos testes. Ressalta-se, porém, que a UR novamente se mostrou mais recomendada para a atividade obtendo resultados muito próximos do que as normas adotadas neste trabalho recomendam, ficando dentro do mínimo recomendado pelo CBMDF de 10:1.

A sequência de testes feitos na UR em terra mostrou que a roda traseira é a mais recomendada para a atividade, mesmo que nenhuma das configurações em terra tenha passado nos testes, mas ficando dentro do parâmetro de 10:1 adotado pelo CBMDF para cerca de 90 kg.

Já os testes feitos na viatura tipo AR em terra salientaram que esta viatura não é recomendada para ancoragem quando se estiver em terreno de terra. Nenhum dos intervalos do 3-*sigma* do AR satisfaz as normas adotadas neste estudo ou o mínimo fator de segurança de 10:1 adotado pelo CBMDF.

Ao finalizar os testes de ancoragem em veículos em terra ficou evidente que a carga suportada, quando em comparação com a ancoragem em veículos no asfalto, é muito menor, não passando nos testes segundo as normas analisadas. Novamente na terra os testes foram melhores na UR em comparação com o AR, sendo que o AR não deve ser utilizado como ancoragem nesse tipo de terreno por ter tido resultados muito baixos. A UR também não teve resultados satisfatórios, mas em uma situação emergencial, sem a presença de uma viatura mais robusta ou outro ponto de ancoragem confiável, ela pode ser utilizada com o fator de segurança de 10:1 (CBMDF, 2019a) com a ancoragem feita na roda traseira.

## 6. CONCLUSÃO

Após analisar os testes feitos, a primeira opção, caso todas estejam disponíveis, é a ancoragem natural com árvores confiáveis de mais de 15 cm de diâmetro. Se em terreno de asfalto, a segunda opção é ancoragem em veículos tipo UR ou viatura maiores, se disponível e de preferência. Pode-se utilizar, em último caso, em asfalto, a roda traseira da viatura AR, não sendo recomendável a uso das rodas dianteiras e nem das longarinas.

Se em terreno de terra, a segunda opção passa a ser a ancoragem com múltiplas estacas com três pontas de eixo, que se mostrou bastante resistente, mas que demanda tempo para montagem. A terceira opção em terra são duas pontas de eixo em linha, sendo a quarta opção duas pontas de eixo em paralelo. A última opção em terra deve ser ancoragem em veículos na roda traseira, sendo que se deve utilizar a UR ou de preferência uma viatura mais robusta. Não se deve utilizar a viatura AR em terra e nem somente uma ponta de eixo.

Na tabela a seguir estão os valores finais das médias e os intervalos 3-*sigma* de cada ancoragem com meio de fortuna testada:

Tabela 6 – Valores finais dos testes

Normas	Ancoragem em meios de fortuna	Média (kgf)	3-sigma
NR 18	Múltiplas estacas com pontas de eixo Estaca tripla	1.200	-
	Natural árvore de 15 cm de diâmetro	1.200	-
NBR 16325-1	Em veículo UR Asfalto Roda traseira	1.200	-
	Em veículo UR Asfalto Roda dianteira	1.200	-
EN 795: 2012	Múltiplas estacas com pontas de eixo Estaca dupla em linha	1.200	-
	Estaca padrão 60 cm	1.200	-
10:1	Múltiplas estacas com pontas de eixo Estaca dupla em paralelo	1.142,4	1.380,3 kgf – 904,5 kgf
90 kg	Em veículo UR Terra Roda traseira	1.056,8	1.141,82 kgf - 971,8 kgf
10:1	Múltiplas estacas com pontas de eixo Estaca simples 0°	1.105,6	1.409,71 kgf - 801,5 kgf
80 kg	Em veículo AR Asfalto Roda traseira	978,4	1.141,15 kgf - 815,5 kgf
Inseguras	Múltiplas estacas com pontas de eixo Estaca simples leve angulação	1.114,8	1.486,2 kgf - 743,2 kgf
	Em veículo UR Terra Roda dianteira	1.004,4	1.374,93 kgf - 633,8 kgf
	Em veículo AR Asfalto Roda dianteira	982,2	1.405,92 kgf - 558,5 kgf
	Em veículo AR Terra Roda dianteira	768	1.068,66 kgf - 467,3 kgf
	Múltiplas estacas com pontas de eixo Estaca simples 30 cm de profundidade	562	964,48 kgf - 159,5 kgf
	Em veículo AR Terra Roda traseira	549,2	728,51 kgf - 369,9 kgf
	Múltiplas estacas com pontas de eixo Estaca simples no solo úmido	646	894,43 kgf - 397,6 kgf
	Estaca padrão 45 cm	432	-
Estaca padrão 30 cm	245	-	

Fonte: A autora (2021).

### 6.1 Ancoragem com estaca padrão

Apesar de ser amplamente ensinada se mostrou segura apenas com 60 cm de profundidade, cedendo um pouco acima (1.250 kgf), do recomendável, que é de

1.200 kgf. Sugere-se retirar essa configuração dos manuais, pois ela é facilmente insegura se em um terreno menos compacto.

### **6.2 Ancoragem múltiplas estacas com pontas de eixo**

Os testes com uma estaca simples evidenciaram que sua melhor performance é com a ponta de eixo encravada cerca de 45 cm, com angulação entre 0 e 30° oposto a tração e em solo seco e compacto. Com uma estaca simples seu uso é recomendável para estaiamento e cargas não vivas até 80 kg.

Sugere-se que as estacas duplas sejam incluídas nos manuais e instruções futuras, pois são de fácil montagem e resistiram bem aos testes, principalmente a estaca dupla em linha que passou em todos os testes com pouca deformação. Porém, tanto as estacas duplas em linha quanto em paralelo devem ser montadas com atenção a centralização da carga, do cabo e das pontas de eixo, atentando-se sempre ao terreno, que deve ser preferencialmente compacto e seco.

As ancoragens com estacas triplas, como se esperava, são bastante resistentes sendo altamente recomendadas para a atividade.

### **6.3 Ancoragem natural**

Se houverem árvores saudáveis e confiáveis, a ancoragem natural em árvores é a ancoragem em meios de fortuna mais recomendável. Sugere-se que seu diâmetro seja no mínimo de 15 cm, para maior segurança, e a amarração deve ser feita próximo a base. Foi considerado, nos testes, um ponto a prova de bomba, tamanha a resistência.

### **6.4 Ancoragem em veículos**

Testou-se as viaturas mais leves utilizadas comumente para o socorro no CBMDF: AR e UR. Em ambos os terrenos, asfalto e terra, recomenda-se, sempre o uso da roda traseira pela sua estabilidade e com amarração conforme mostra a figura 22, por distribuir melhor a força aplicada.

Caso não haja viaturas mais robustas, sugere-se o uso da roda traseira da UR em ambos os terrenos, sendo que no asfalto a UR em suas rodas traseira e dianteira foi considerada segura segundo as normas adotadas, e em terra ela atende ao mínimo requisito de 10:1 adotado pelo CBMDF para até 90 kg. Já o AR deve ser utilizado em último caso, pois em asfalto somente a roda traseira atende os requisitos de 10:1 para até 80 kg apenas. A roda dianteira do AR não é recomendada.

## 7. REFERÊNCIAS

AMARAL, Aryanne Gonçalves; PEREIRA, Fernanda Fumie Onoyamma; MUNHOZ, Cássia Beatriz Rodrigues. **Fitossociologia de uma área de cerrado rupestre na fazenda sucupira, Brasília-DF**. Cerne, vol. 12, nº 4, 2006. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/744/74412407.pdf>. Acesso em 23 maio 2021.

ARAÚJO, Francisco. **Manual de Instruções Técnico-Profissional – Salvamento**. Brasília, s/a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma brasileira 16325-1: Proteção contra quedas de altura**. 1º ed. ABNT, 2014.

BRASIL. Ministério da Economia. **Portaria nº 3733, de 10 de fevereiro de 2020**. Aprova a nova redação da Norma Reguladora nº 18 – Segurança e Saúde no Trabalho na Indústria da Construção. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-n-3.733-de-10-de-fevereiro-de-2020-242575828>. Acesso em 21 dez. 2020.

BSI. **Personal fall protection equipment: Anchor devices- EN 795**. Inglaterra: BSI Standards Limited, 2012.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Coletânea de manuais técnicos de bombeiros: Salvamento em altura**. 1ª ed. São Paulo, 2006.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **Manuais Técnicos: Curso de Salvamento em Altura**. Vol. II. Florianópolis, 2012. Disponível em: <https://www.bombeiros.pt/wp-content/uploads/2013/07/Manual-Tecnico-Curso-de-Salvamento-em-Altura.pdf>. Acesso em 17 dez. 2020.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Apostila de Salvamento: Salvamento 1º semestre - Unidade 1**. Brasília, 2018a.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Boletim de Informação Técnico-Operacional: Ancoragens**. Brasília, 2020. (Aguardando publicação).

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Boletim Geral nº 209, de 5 de novembro de 2019.** Brasília, 2019a.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Descritivos Técnicos Operacionais:** Curso de Especialização em Salvamento em Altura/2019. Disponível em: Documento SEI nº SEI 00053-00060754/2019-76. Acesso em 27 jul. 2020. Brasília, 2019b.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Plano de Aula Salvamento:** Curso de Formação de Praças. Disponível em: Documento SEI nº 00053-00039996/2018-10. Acesso em 18 jan. 2021. Brasília, 2018b.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Salvamento:** Apostila do Aluno. 3ª ed. Brasília, 2019c.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE GOIÁS. **Manual Operacional de Bombeiros: Salvamento em Altura.** Goiânia, 2017. Disponível em: <https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2017/12/MOB-SALVAMENTO-EM-ALTURA-1.pdf>. Acesso em 5 jan. 2021.

EWING, Jim. **What is 3-Sigma?** Biddeford: Sterling Rope Company, Inc. Disponível em: <https://sterlingrope.com/logbook/223-what-is-3-sigma#:~:text=The%20three%2Dsigma%20value%20is,average%20of%20the%20entire%20series>. Acesso em 6 fev. 2021.

FERNANDES, Francisco Maximino; NASCIMENTO, Vinício Martins. **Fertilidade do solo e nutrição da mangueira.** Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2004. Disponível em: [http://www.nutricaoodeplantas.agr.br/site/ensino/pos/Palestras\\_William/Livromanga\\_pdf/06\\_fertilidadedosoloenutricaoodamangueira.pdf](http://www.nutricaoodeplantas.agr.br/site/ensino/pos/Palestras_William/Livromanga_pdf/06_fertilidadedosoloenutricaoodamangueira.pdf). Acesso em 28 de julho de 2021.

L. A. *Firefighters Association*. **Ropes Knots and Related Rescue Systems: Anchors and Anchor Systems.** Vol. IV, Cap. 6, Título 8. Los Angeles, 2004.

TRAJANO, Marlúcio Anderson da Conceição. **Técnicas verticais aplicadas a ambientes não urbanos:** Elaboração de Guia Técnico contendo ancoragens por meio de fortuna para ocorrências de Salvamento em Altura. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Formação de Oficiais) - Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, Goiânia, 2017. Disponível em: <http://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2017/08/09-MARL%C3%9ACIO-ANDERSON-DA-CONCEI%C3%87%C3%83O-TRAJANO-T%C3%89CNICAS-VERTICAIS-APLICADAS-A-AMBIENTES-N%C3%83O-URBANOS.pdf>. Acesso em 17 dez. 2020.

## APÊNDICE I – TABELA DOS TESTES

## I – ANCORAGEM ESTACA PADRÃO

**Ancoragem com estaca padrão - 30 cm**

A ancoragem com estaca padrão com o buraco de 30 cm teve um resultado muito baixo no primeiro teste. Por ser uma ancoragem de difícil montagem e ter suportado uma força que não satisfaz a nenhum dos critérios para ser utilizada na atividade de salvamento em altura, esta configuração foi testada uma vez e descartada para a atividade. Segue o resultado nas tabelas em sequência:

**Tabela 1 - Testes estaca padrão 30 cm**

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>
245	-
-	-
-	-
-	-
-	-

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 2 - Resultado estaca padrão 30 cm**

<b>Média</b>	245 kgf
<b>Desvio padrão</b>	-
<b>3-sigma</b>	-

Fonte: A autora (2021).

**Ancoragem com estaca padrão - 45 cm**

Essa configuração com um buraco de 45 cm também obteve um resultado muito baixo na primeira tração, 432 kgf. Por esse motivo foi testada apenas uma vez, pois já não seria recomendada para a atividade com esse resultado e pela

dificuldade de montar outros testes para uma ancoragem insegura. O resultado do único teste está apresentado nas tabelas a seguir:

**Tabela 3 - Testes estaca padrão 45 cm**

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>
432	-
-	-
-	-
-	-
-	-

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 4 - Resultado estaca padrão 45 cm**

<b>Média</b>	432 kgf
<b>Desvio padrão</b>	-
<b>3-sigma</b>	-

Fonte: A autora (2021).

### **Ancoragem com estaca padrão - 60 cm**

A ancoragem com estaca padrão com 60 cm de profundidade é o padrão ensinado pelo CBMDF. Apesar de ter resistido aos 1.200 kgf, esta ancoragem decepcionou, pois, ao ser tracionada até uma carga limite, cedeu pouco acima do valor mínimo de referência, 1.250 kgf. Os resultados dos testes são apresentados na tabela a seguir.

**Tabela 5 - Testes estaca padrão 60 cm**

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>
1.200	3 min

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 6 - Resultado estaca padrão 60 cm**

<b>Média</b>	1.200 kgf
<b>Desvio padrão</b>	-
<b>3-sigma</b>	-

Fonte: A autora (2021).

## II – ANCORAGEM ESTACAS MÚLTIPLAS COM PONTAS DE EIXO – ESTACA SIMPLES

### **Estaca simples 0°**

Fez-se a sequência de cinco testes com a estaca com ângulo próximo de 0° em relação ao eixo vertical e encravada 45 cm. Em um dos testes, a ancoragem resistiu ao que a norma sugere como seguro. Nos outros testes o resultado foi satisfatório, mesmo não alcançado o que a norma sugere. Os resultados dos testes e o intervalo do 3-sigma estão apresentados nas tabelas a seguir:

**Tabela 7 - Testes estaca simples 0°**

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>
1.012	-
984	-
1.140	-
1.192	-
1.200	3 min

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 8 - Resultado estaca simples 0°**

<b>Média</b>	1.105,6 kgf
<b>Desvio padrão</b>	101,37
<b>3-sigma</b>	1.409,71 kgf - 801,5 kgf

Fonte: A autora (2021).

### **Estaca simples leve angulação**

Fez-se os testes com a estaca levemente inclinada oposta à tração. Os testes com uma leve inclinação e com angulação de 0° em relação ao eixo vertical surpreenderam\; dois dos cinco testes sustentaram a carga e o tempo que a norma sugere. Os resultados destes testes estão nas tabelas a seguir:

**Tabela 9 - Testes estaca simples leve angulação**

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>	<b>Angulação</b>
1.200	3 min	20°
912	-	38°
1.182	-	28°
1.200	3 min	30°
1.080	-	20°

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 470 - Resultado estaca simples leve angulação**

<b>Média</b>	1.114,8 kgf
<b>Desvio padrão</b>	123,8
<b>3-sigma</b>	1.486,2 kgf - 743,2 kgf

Fonte: A autora (2021).

### **Estaca simples 30 cm de profundidade**

A sequência de testes com uma estaca simples encravada a 30 cm de profundidade no solo ratificou que essa profundidade deve ser no mínimo 45 cm, pois os resultados com 30 cm não satisfizeram a nenhum critério para utilizá-la na atividade de salvamento em altura, sendo seu uso descartado. A força que cada um dos testes suportou, bem como o intervalo *3-sigma* estão demonstrados nas tabelas a seguir:

**Tabela 481 - Testes estaca simples 30 cm de profundidade**

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>
788	-
544	-
470	-
556	-
453	-

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 492 - Resultado estaca simples 30 cm de profundidade**

<b>Média</b>	562 kgf
<b>Desvio padrão</b>	134,16
<b>3-sigma</b>	964,48 kgf - 159,5 kgf

Fonte: A autora (2021).

### Estaca simples no solo úmido

A umidade foi outro fator que se julgou relevante. O solo úmido reduziu bastante a capacidade de resistência da estaca simples na sua melhor configuração, encravada a 45 cm e com angulação entre 0 e 30° oposta à tração. Nas tabelas a seguir estão os resultados dos testes e do intervalo 3-sigma, respectivamente:

**Tabela 13 - Testes estaca simples no solo úmido**

Força (kgf)	Tempo
736	-
670	-
510	-
660	-
654	-

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 14 - Resultado estaca simples no solo úmido**

<b>Média</b>	646 kgf
<b>Desvio padrão</b>	82,81
<b>3-sigma</b>	894,43 kgf - 397,6 kgf

Fonte: A autora (2021).

### III - ANCORAGEM ESTACAS MÚLTIPLAS COM PONTAS DE EIXO – ESTACA DUPLA

#### Estaca dupla em paralelo

A estaca dupla em paralelo exige cuidado com a centralização do cabo, mas se mostrou bastante resistente, tendo resistido às cargas previstas nas normas adotadas nesta pesquisa em três dos cinco testes, ficando com o resultado dentro dos parâmetros adotados pelo CBMDF de 10:1 (CBMDF, 2019a). As tabelas abaixo evidenciam os cinco testes e o resultado desta configuração:

**Tabela 1550 - Testes estaca dupla em paralelo**

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>
1.044	-
1.200	3 min
1.068	-
1.200	3 min
1.200	3 min

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 16 51- Resultado estaca dupla em paralelo**

<b>Média</b>	1.142,4 kgf
<b>Desvio padrão</b>	79,3
<b>3-sigma</b>	1.380,3 kgf – 904,5 kgf

Fonte: A autora (2021).

### **Estaca dupla em linha**

A estaca dupla em linha surpreendeu, resistindo a todos os testes, sendo considerada segura. As tabelas a seguir mostram os resultados obtidos:

**Tabela 1752 - Testes estaca dupla em linha**

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>
1.200	3 min

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 1853 - Resultado estaca dupla em linha**

<b>Média</b>	1.200 kgf
<b>Desvio padrão</b>	-
<b>3-sigma</b>	-

Fonte: A autora (2021).

#### IV - ANCORAGEM ESTACAS MÚLTIPLAS COM PONTAS DE EIXO – ESTACA TRIPLA

##### **Estaca tripla**

Essa é de fato a ancoragem com estacas e/ou pontas de eixo mais segura, pois as três estacas formando um triângulo dividem a força e evitam o avanço das pontas de eixo tracionadas, sendo altamente recomendável para a atividade de salvamento em altura, atendendo às normas adotadas neste trabalho e ainda a outras mais exigentes (ABNT, 2014; BRASIL, 2020; BSI, 2012, BSI, 2018; NFPA, 2017; UIAA, 2020). As tabelas a seguir mostram os resultados dos testes e o intervalo 3-sigma:

**Tabela 19 - Testes estaca tripla**

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>
1.200	3 min

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 540 - Resultado estaca tripla**

<b>Média</b>	1.200 kgf
<b>Desvio padrão</b>	-
<b>3-sigma</b>	-

Fonte: A autora (2021).

## V – ANCORAGEM NATURAL

### Ancoragem natural

A ancoragem natural se mostrou a melhor opção quando se tem garantia de a árvore ser um ponto saudável, íntegro e com diâmetro suficiente. Os resultados obtidos com os testes na árvore do tipo mangueira de 15 cm de diâmetro estão demonstrados nas tabelas 21 e 22.

**Tabela 21 - Testes árvore de 15 cm de diâmetro**

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>
1.200	3 min

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 552 - Resultado árvore de 15 cm de diâmetro**

<b>Média</b>	1.200 kgf
<b>Desvio padrão</b>	-
<b>3-sigma</b>	-

Fonte: A autora (2021).

## VI – ANCORAGEM EM VEÍCULOS EM ASFALTO

**Ancoragem na UR em asfalto – roda dianteira**

Todos os testes nas rodas dianteiras da viatura tipo UR foram bem-sucedidos. Em até 1.200 kgf a viatura não deu indícios de arrastamento. As tabelas a seguir demonstram os testes, tabela 23, e seus resultados, tabela 24:

**Tabela 563 - Testes UR em asfalto - roda dianteira**

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>
1.200	3 min

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 24 - Resultado UR em asfalto - roda dianteira**

<b>Média</b>	1.200 kgf
<b>Desvio padrão</b>	-
<b>3-sigma</b>	-

Fonte: A autora (2021).

**Ancoragem na UR em asfalto – roda traseira**

Assim como nas rodas dianteiras, as rodas traseiras na UR mostraram ser bons pontos de ancoragem, sendo que a roda traseira, por não girar com o volante, são mais recomendadas. As tabelas a seguir mostram os resultados dos testes aplicados:

**Tabela 2557 - Testes UR em asfalto - roda traseira**

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>
1.200	3 min

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 2658 - Resultado UR em asfalto - roda traseira**

<b>Média</b>	1.200 kgf
<b>Desvio padrão</b>	-
<b>3-sigma</b>	-

Fonte: A autora (2021).

### **Ancoragem no AR em asfalto – roda dianteira**

Por ser uma viatura mais leve que a UR, o AR quando testado em sua roda dianteira não atendeu nem à norma adotada nesta pesquisa e nem ao mínimo fator de 10:1 adotado pelo CBMDF. A carga suportada em cada teste, bem como o resultado deles estão descritos nas tabelas 27 e 28, respectivamente.

**Tabela 2759 - Testes AR em asfalto - roda dianteira**

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>
870	-
1.104	-
1.162	-
855	-
920	-

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 28 - Resultado AR em asfalto - roda dianteira**

<b>Média</b>	982,2 kgf
<b>Desvio padrão</b>	141,24
<b>3-sigma</b>	1.405,92 kgf - 558,5 kgf

Fonte: A autora (2021).

### **Ancoragem na AR em asfalto – roda traseira**

Se somente a viatura tipo AR estiver no local e não houver mais nenhum outro ponto de ancoragem confiável, deve-se optar por utilizar sua roda traseira, pois esta obteve melhores resultados que a dianteira, atendendo ao mínimo critério adotado pelo CBMDF de 10:1 para até 80 kg. Nas tabelas a seguir estão os testes, tabela 29, e seus resultados, tabela 30:

**Tabela 29 - Testes AR em asfalto - roda traseira**

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>
1.054	-
912	-
982	-
1.000	-
944	-

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 600 - Resultado AR em asfalto - roda traseira**

<b>Média</b>	978,4 kgf
<b>Desvio padrão</b>	54,28
<b>3-sigma</b>	1.141,15 kgf - 815,5 kgf

Fonte: A autora (2021).

### **Ancoragem no AR em asfalto – ganchos frontais**

Pelo fato de os ganchos estarem na frente do veículo e a tração ser no sentido em que as rodas tendem a girar, essa ancoragem se tornou insegura por todos os

parâmetros adotados neste estudo. O AR andou com a carga que mostra a tabela 31, tendo os seus resultados evidenciados na tabela 32.

**Tabela 611 - Testes AR em asfalto - ganchos frontais**

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>
416	-
496	-
618	-
520	-
646	-

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 32 - Resultado AR em asfalto - ganchos frontais**

<b>Média</b>	539,2 kgf
<b>Desvio padrão</b>	93,57
<b>3-sigma</b>	819,91 kgf - 258,5 kgf

Fonte: A autora (2021).

## VII – ANCORAGEM EM VEÍCULOS EM TERRA

### **Ancoragem na UR em terra – roda dianteira**

A ancoragem na viatura tipo UR na roda dianteira não é recomendada para a atividade por não atender a nenhum parâmetro de segurança. As cargas suportadas até o arrastamento da viatura estão descritas na tabela 33 e os resultados destes testes na tabela 34.

**Tabela 623 - Testes UR em terra - roda dianteira**

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>
806	-
984	-
1.056	-
1.040	-
1.136	-

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 634 - Resultado UR em terra - roda dianteira**

<b>Média</b>	1.004,4 kgf
<b>Desvio padrão</b>	123,51
<b>3-sigma</b>	1.374,93 kgf - 633,8 kgf

Fonte: A autora (2021).

### **Ancoragem na UR em terra – roda traseira**

Em casos que não houverem outros pontos de ancoragem ou viaturas mais robustas na cena, recomenda-se utilizar a roda traseira da UR, pois em terra esta é a única que atende ao critério mínimo de 10:1 para até cerca de 90 kg. Seus testes e resultados estão descritos nas tabelas 35 e 36, respectivamente.

**Tabela 3564 - Testes UR em terra - roda traseira**

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>
1.014	-
1.086	-
1.078	-
1.058	-
1.048	-

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 3665 - Resultado UR em terra - roda traseira**

<b>Média</b>	1.056,8 kgf
<b>Desvio padrão</b>	28,34
<b>3-sigma</b>	1.141,82 kgf - 971,8 kgf

Fonte: A autora (2021).

### **Ancoragem no AR em terra – roda dianteira**

Em terreno de terra a viatura tipo AR não é recomendada em nenhuma hipótese para ser utilizada como ponto de ancoragem. As cargas até o arrastamento da viatura nos testes estão descritas na tabela 37 e os resultados na tabela 38.

**Tabela 37 - Testes AR em terra - roda dianteira**

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>
634	-
690	-
836	-
864	-
816	-

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 38 - Resultado AR em terra - roda dianteira**

<b>Média</b>	<b>768 kgf</b>
<b>Desvio padrão</b>	<b>100,29</b>
<b>3-sigma</b>	<b>1.068,66 kgf - 467,3 kgf</b>

Fonte: A autora (2021).

### **Ancoragem na AR em terra – roda traseira**

A ancoragem na roda traseira na viatura tipo AR também não é recomendada para a atividade por não atender a nenhum parâmetro adotado neste estudo e nem ao índice mínimo de 10:1 adotado pelo CBMDF. As cargas suportadas e o resultado destes testes estão descritos nas tabelas a seguir:

**Tabela 39 - Testes AR em terra - roda traseira**

<b>Força (kgf)</b>	<b>Tempo</b>
500	-
586	-
600	-
470	-
590	-

Fonte: A autora (2021).

**Tabela 660 - Resultado AR em terra - roda traseira**

<b>Média</b>	549,2 kgf
<b>Desvio padrão</b>	59,77
<b>3-sigma</b>	728,51 kgf - 369,9 kgf

Fonte: A autora (2021).