



CENTRO DE INSTRUÇÃO DE ARTILHARIA DE MÍSSEIS E FOGUETES

1º TEN ART DANIEL PIRES ROSA

**COMPARAÇÃO DOS ELEMENTOS DE TIRO OBTIDOS NAS TABELAS DE TIRO COM OS
CALCULADOS PELO COMPUTADOR DE CONTROLE DE TIRO.**

**Formosa – GO
2020**



CENTRO DE INSTRUÇÃO DE ARTILHARIA DE MÍSSEIS E FOGUETES

1º TEN ART DANIEL PIRES ROSA

**COMPARAÇÃO DOS ELEMENTOS DE TIRO OBTIDOS NAS TABELAS DE TIRO COM OS
CALCULADOS PELO COMPUTADOR DE CONTROLE DE TIRO.**

Trabalho acadêmico apresentado ao Centro de Instrução de Artilharia de Mísseis e Foguetes, como requisito para a especialização em Operação do Sistema de Mísseis e Foguetes.

**Formosa – GO
2020**



**MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
COMANDO MILITAR DO PLANALTO
CENTRO DE INSTRUÇÃO DE ARTILHARIA DE MÍSSEIS E FOGUETES
DIVISÃO DE DOCTRINA E PESQUISA**

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autor: 1º TEN ART DANIEL PIRES ROSA

**TÍTULO: COMPARAÇÃO DOS ELEMENTOS DE TIRO OBTIDOS NAS TABELAS DE TIRO
COM OS CALCULADOS PELO COMPUTADOR DE CONTROLE DE TIRO.**

Trabalho acadêmico apresentado ao Centro de Instrução de Artilharia de Mísseis e Foguetes, como requisito para a especialização em Operação do Sistema de Mísseis e Foguetes.

APROVADO EM ____/____/2020

CONCEITO:

BANCA EXAMINADORA

Membro	Menção Atribuída
DANIEL SUCCI SILVA – Maj Chefe da Divisão de Ensino	
RODRIGO VINÍCIUS DA SILVA – Maj Chefe da Divisão de Doutrina e Pesquisa	
LUIZ AUGUSTO OLIVEIRA MAYRINK – 1º Ten Orientador	

DANIEL PIRES ROSA – 1º Ten
Aluno

COMPARAÇÃO DOS ELEMENTOS DE TIRO OBTIDOS NAS TABELAS DE TIRO COM OS CALCULADOS PELO COMPUTADOR DE CONTROLE DE TIRO.

Daniel Pires Rosa *
Luiz Augusto Oliveira Mayrink **

RESUMO

O presente estudo procura comparar os cálculos dos elementos de tiro pelos métodos convencional e eletrônico. Com o presente desenvolvimento da doutrina ASTROS no Exército Brasileiro, o Centro de Instrução de Artilharia de Mísseis e Foguetes tem desempenhado um papel fundamental neste trabalho. Esta pesquisa propõe um olhar crítico e comparativo entre os métodos utilizados para o cálculo dos elementos de tiro dos foguetes. Sabe-se que as trajetórias dos foguetes são influenciadas por fatores atmosféricos que podem ser mensuráveis por uma sonda meteorológica que tem a capacidade de aferir esses fatores nas diversas camadas da atmosfera e emitir um boletim meteorológico com esses dados. Esse estudo se propõe a analisar os cálculos dos elementos de tiro pelo método convencional, utilizando as tabelas de tiro confeccionadas pela empresa AVIBRAS, com as correções a serem realizadas em azimute de tiro, elevação e tempo de espoleta, conforme as condições atmosféricas no momento do disparo pela lançadora e o método eletrônico, com a utilização do *software* do computador de controle de tiro, que faz de forma computadorizada esses cálculos.

Palavras-chave: Doutrina. Sistema. Artilharia. Mísseis. Foguetes. ASTROS. Grupo. Elementos de Tiro. Software. Convencional. Eletrônico. Direção de Tiro.

RESUMEN

El presente estudio busca comparar los cálculos de los elementos de disparo por métodos convencionales y electrónicos. Con el actual desarrollo de la doctrina ASTROS en el Ejército Brasileño, el Centro de Instrucción de Artillería de Misiles y Cohetes ha jugado un papel fundamental en este trabajo. Esta investigación propone una mirada crítica y comparativa entre los métodos utilizados para calcular los elementos de disparo de los cohetes. Se sabe que las trayectorias de los cohetes están influenciadas por factores atmosféricos que pueden ser medidos por una sonda meteorológica que tiene la capacidad de medir estos factores en las diferentes capas de la atmósfera y emitir un boletín meteorológico con estos datos. Este estudio propone analizar los cálculos de los elementos de disparo por el método convencional, utilizando las tablas de disparo elaboradas por la empresa AVIBRAS, con las correcciones a realizar en azimut de disparo, elevación y tiempo de fusión, según las condiciones atmosféricas del momento del lanzamiento por el lanzador y el método electrónico, utilizando el *software* de la computadora de control de tiro, que realiza sistemáticamente estos cálculos.

Palabras clave: Doctrina. Sistema. Artillería. Misiles. Cohetes. ASTROS. Grupo. Elementos de tiro. Software. Convencional. Electrónico. Dirección de disparo.

*1º Tenente da Arma de Artilharia. Bacharel em Ciências Militares pela Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN) em 2016.

**1º Tenente da Arma de Artilharia. Bacharel em Ciências Militares pela Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN) em 2015. Especialização em Operação do Sistema de Mísseis e Foguetes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Boletim de Cálculos dos Dados Nominais	17
Figura 2	- Boletim Meteorológico METB3 impresso pela VBPMeteo-MSR	18
Figura 3	- Tabela Nº1 da Tabela de Tiro do Foguete SS-60 MW)	19
Figura 4	- Tabela Nº 2.1 da Tabela de Tiro do Foguete SS-60 MW.....	22
Figura 5	- Tabela Nº 2.2 da Tabela de Tiro do Foguete SS-60 MW.....	23
Figura 6	- Boletim de Correção do Vento de Superfície.....	24
Figura 7	- Software Análise da Missão.....	25
Figura 8	- Carregamento da missão no software CCT.....	26
Figura 9	- Carregamento do Boletim Meteorológico METCM	26
Figura 10	- Preenchimento manual dos dados do sensor.....	27
Figura 11	- Inserção das coordenadas das viaturas no <i>software</i> CCT.....	27
Figura 12	- Escolha do foguete SS-60 MW no <i>software</i> CCT.....	28
Figura 13	- Elementos de Tiro calculados pelo método eletrônico.....	28

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	-Quadro 1 – Coordenadas retangulares das viaturas ASTROS e do alvo.....	16
Quadro 2	-Dados do Boletim Meteorológico METB3.....	18
Quadro 3	-Correções de azimute, elevação e tempo de espoleta da Tabela de Tiro para o foguete SS-60 MW.....	20
Quadro 4	-Boletim de cálculos do dados nominais.....	20
Quadro 5	- Elementos de tiro calculados pelo método convencional.....	24
Quadro 6	- Elementos de tiro calculados pelo método eletrônico.....	29
Quadro 7	- Comparação dos elementos de tiro calculados pelo método convencional e eletrônico.....	29

LISTA SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	07
1.1	PROBLEMA.....	07
1.2	OBJETIVOS.....	08
1.3	JUSTIFICATIVA E CONTRIBUIÇÕES	09
2	METODOLOGIA	09
2.1	REVISÃO DE LITERATURA	10
2.2	COLETA DE DADOS	11
3	DESENVOLVIMENTO	11
3.1	O SISTEMA ASTROS	11
3.1.2	A DIREÇÃO DE TIRO DO SISTEMA ASTROS.....	11
3.2	FATORES QUE INFLUENCIAM NAS TRAJETORIAS DOS FOGUETES.....	11
3.2.1	FATORES MENSURÁVEIS.....	12
3.3	O CONTROLE TÉCNICO DA DIREÇÃO DE TIRO.....	13
3.4	MÉTODOS UTILIZADOS PARA O CONTROLE TÉCNICO DO TIRO.....	13
3.4.1	MÉTODOS ELETRÔNICOS.....	13
3.4.1.1	O SOFTWARE DO COMPUTADOR DE CONTROLE DE TIRO (CCT).....	13
3.4.2	MÉTODOS CONVENCIONAIS.....	14
3.4.2.1	TIPOS DE PREPARAÇÃO PARA O TIRO.....	14
3.4.2.1.1	PREPARAÇÃO COMPLETA....	14
3.4.2.1.2	PREPARAÇÃO SIMPLIFICADA.....	15
3.4.2.1.3	PREPARAÇÃO TEÓRICA COMPLETA.....	15
3.4.2.1.4	PREPARAÇÃO TEÓRICA SIMPLIFICADA.....	15
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	15
4.1	MÉTODO CONVENCIONAL- PREPARAÇÃO TEÓRICA COMPLETA.....	15
4.2	MÉTODO ELETRÔNICO- SOFTWARE CCT.....	24
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	31

1 INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico está presente em todos os meios sociais. Junto com a evolução da sociedade, houve a necessidade da evolução no combate. Os conflitos tornaram-se mais pontuais, tendo como cenário os meios urbanos e/ou alvos compensadores. Diante deste cenário, se fizeram necessários o desenvolvimento de armamentos e sistemas mais modernos, com maior eficiência e dissuasão, minimizando os efeitos colaterais sobre a sociedade.

Na América do Sul, o Brasil possui grande relevância econômica, social e política, sendo um dos protagonistas do continente e mundial. As Forças Armadas do Brasil tem papel fundamental nesse processo de atuação do país dentro do continente, pois são as instituições de estado garantidoras da soberania nacional.

Para atender a essa estratégia, o Comandante do Exército Brasileiro, determinou a elaboração do Projeto Estratégico ASTROS 2020, a fim de dotar a Força Terrestre de meios capazes de prestar um apoio de fogo de longo alcance, com elevada precisão e letalidade. O sistema ASTROS 2020 foi concebido e elaborado pela empresa brasileira AVIBRAS, sediada em São José dos Campos (SP). Os trabalhos na empresa AVIBRAS contemplam o desenvolvimento e fornecimento do míssil tático de cruzeiro, do foguete guiado e das novas viaturas de última geração (BRASIL, 2018).

O cerne desta pesquisa se caracteriza pela verificação e comparação dos métodos convencionais dos cálculos dos elementos de tiro, através das tabelas de tiro dos foguetes, com os elementos de tiros calculados pelo *software* do Computador de Controle de Tiro (CCT) presente nas viaturas VBCCU-MSR, VBPC-MSR e VBUCF-MSR.

Portanto, este trabalho tem como objeto de estudo comparar os processos convencionais de cálculo dos elementos de tiro com os cálculos obtidos de forma computadorizada pelas viaturas de Comando e Controle do sistema ASTROS.

1.1 PROBLEMA

O Programa Estratégico do Exército ASTROS 2020 surgiu como parte da solução criada para que a F Ter pudesse atingir seus Objetivos Estratégicos, dentre eles, o de contribuir com a Dissuasão Extrarregional do país (BRASIL, 2017b).

Desta forma, as constantes inovações tecnológicas que a viaturas adquire ao longo dos anos devem ser observadas pela tropa que as utiliza e repassadas para a empresa AVIBRAS, sendo este processo fundamental para o melhoramento e aperfeiçoamento do sistema.

Com a tecnologia cada vez mais presente nos armamentos da guerra, surge um novo ramo do combate, a Guerra Eletrônica, que caracteriza por um conflito invisível de detecção de capacidades inimigas e utilizando destes meios para inviabilizar e/ou restringir o uso de determinadas tecnologias. Não menos importante, devemos observar que os sistemas eletrônicos são suscetíveis a panes elétricas durante seu emprego, podendo vir a inutilizar aquele armamento.

Visando o cumprimento das diversas missões em combate, há a necessidade de desenvolver sistemas de guerra que não sejam totalmente dependentes de sua tecnologia, e que na observância de qualquer falha eletrônica do sistema, os recursos humanos possam continuar operando o material pelo meio convencional. A pesquisa pretende solucionar o seguinte questionamento:

Na impossibilidade da utilização do sistema ASTROS para o cálculo dos elementos de tiro pelo CCT. O sistema convencional do cálculo dos elementos de tiro por meio da utilização das tabelas de tiro dos foguetes na preparação teórica completa é confiável? Quais são as diferenças numéricas obtidas pelo processo teórico completo com os elementos calculados pelo CCT?

1.2 OBJETIVOS

Este estudo tem como **objetivo geral** comparar os elementos de tiro calculados por meio das tabelas de tiro com os elementos obtidos pelo *software* CCT. Para o desencadeamento do raciocínio lógico do trabalho, foram formulados três **objetivos específicos** abaixo relacionados:

a. Realizar a preparação teórica completa preenchendo a ficha de dados nominais relativa ao foguete SS 60 MW .

b. Realizar os cálculos dos elementos de tiro no *software* CCT utilizando os mesmo dados topográficos e do levantamento meteorológico usados na preparação teórica completa.

c. Comparar numericamente os elementos de tiro obtidos na preparação teórica completa com os elementos obtidos pelo *software* CCT, e mensurar quais são as variações nominais e percentuais dos elementos de tiro em relação ao processo eletrônico.

1.3 JUSTIFICATIVAS E CONTRIBUIÇÕES

O alto valor agregado às viaturas e munições do sistema será justificado quando seu efeito dissuasório for alcançado.

Esta pesquisa contribuirá para apurar a confiabilidade do processo convencional do cálculo dos elementos de tiro na preparação teórica completa com o processo eletrônico realizado pelo sistema ASTROS, bem como, observar os dados inseridos nas tabelas de tiro pela empresa AVIBRAS.

Diante dos resultados obtidos, pode-se mensurar os efeitos da diferença numérica dos elementos de tiro na área de alvos entre os dois processos estudados. Sendo, futuramente, possível estudar qual o processo mais preciso em relação ao alvo com o uso de um observador.

Em meio ao desenvolvimento da doutrina da Artilharia de Mísseis e Foguetes, pelo Centro de Instrução de Mísseis e Foguetes, este trabalho contribuirá para a consolidação e desenvolvimento da disciplina de Direção de Tiro e da confecção do manual do Grupo de Mísseis e Foguetes, e observando alguma discrepância nos resultados, o seguinte trabalho subsidiará um relatório que será enviado a empresa AVIBRAS relatando os resultados encontrados.

2 METODOLOGIA

Para colher subsídios que permitissem formular a possível solução para o problema, o delineamento desta pesquisa contemplou a leitura analítica e fichamento das fontes, argumentação e discussão de resultados.

Foi realizada uma **abordagem qualitativa** do problema tendo em vista que, a pesquisa requer uma maior aproximação do pesquisador e do campo de trabalho. Essa orientação se justifica, pois a observação, e muitas vezes a participação de pesquisador

no campo, é que permitirá um melhor delineamento das questões, dos instrumentos de coleta e do grupo a ser pesquisado.

Destaca-se, ainda, que os dados colhidos possuem **natureza objetiva**, o que permitiu alterar as características do trabalho ao longo do seu desenvolvimento. O instrumento de coleta de dados será baseado em **ficha de coleta de dados**, através do preenchimento das fichas necessárias para a obtenção dos elementos de tiro dos objetivos citado acima.

Os procedimentos metodológicos empregados foram do **tipo comparativo**, já que se realizou um estudo que estabeleceu uma correlação entre os métodos de cálculos dos elementos de tiro pelo método convencional e eletrônico.

2.1 REVISÃO DE LITERATURA

Iniciamos o delineamento da pesquisa com a definição de termos e conceitos, a fim de viabilizar a solução do problema de pesquisa, sendo baseadas em uma revisão de literatura nos manuais de campanha do Exército Brasileiro, notas doutrinárias e manuais da empresa AVIBRAS. Essa delimitação baseou-se na aquisição de conhecimentos necessários para compreensão dos métodos utilizados pela técnica de tiro do sistema ASTROS, bem como, entender a influência dos fatores mensuráveis na trajetória dos foguetes e, por fim, mensurar todos esses fatores no método convencional e no método eletrônico.

Pelo fato de serem instrumentos detentores da gama de conhecimento atual necessários para o desenvolvimento desta pesquisa, admitiu-se a inclusão das fontes de consulta publicadas recentemente pelo Centro de Doutrina do Exército (CDoutEx) e fontes que estão em fase de elaboração e publicação por parte do Centro de Instrução de Artilharia de Mísseis e Foguetes (CIArt Msl Fgt).

Foram utilizadas a Nota Doutrinária Nº 01/2018 – C Dout Ex que trata sobre o Comando de Artilharia do Exército, e a Nota de Aula- Técnica de Tiro- 9ª edição- 2020, por terem sido elaborados com o mesmo propósito desta pesquisa.

Foram utilizados o Manual de Utilização da Viatura Posto de Comando e Controle de Bateria (AV-PCC)- MU PCC 1711- 2016, o Manual de Operação dos Softwres das Viaturas de Comando e Controle (AV-VCC e AV-PCC) – MO VCC/PCC 1725-2016 e o

Manual de Operação do Computador de Controle de Tiro (AV-CCT)- MO CCT 1722-2016, todos da empresa AVIBRAS.

2.2 COLETA DE DADOS

Para a coleta de dados das fontes, foram realizadas as leituras exploratórias, ficha de coleta de dados e observações.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Sistema ASTROS

O sistema ASTROS possui a capacidade de ocupar rapidamente as posições de tiro previamente selecionadas e abandoná-las sem demora após a eficácia ter sido realizada; responder prontamente à solicitação de apoio de fogo sobre alvos inopinados, quando necessário; conduzir tecnicamente a direção de tiro; determinar prontamente os elementos de tiro para a realização das missões atribuídas, por meios computadorizados; e conduzir fogos em missões tipo eficácia, na quase totalidade das vezes, ou tipo ajustarei, eventualmente, com uso do radar, dentre outros meios, sob quaisquer situação e condições meteorológicas (BRASIL, 1999).

3.1.2 A direção de tiro do sistema ASTROS

O controle técnico da direção de tiro do sistema ASTROS envolve todas as ações necessárias para o planejamento, preparo e desencadeamento preciso do tiro sobre o alvo pode ser executado com o emprego isolado ou combinado de meios eletrônicos e convencionais (BRASIL, 1999).

3.2 Fatores que influenciam na trajetória dos foguetes

A trajetória dos foguetes se divide em duas fases. A fase propulsada, que ocorre nas primeiras camadas da superfície, caracterizada pela queima do propelente que dura

de 4 a 6 segundos. E a fase balística, que se inicia com o fim da queima do grão propelente e tem sua trajetória caracterizada pelo movimento inercial adquirido pela queima do propelente.

O vento tem maior influência na fase propulsada da trajetória que na fase balística, e dentro da fase propulsada, sua influência é ainda maior na superfície (de 0 a 200 m de altitude-correspondente ao vento de superfície) que no restante da fase (BRASIL, 2020).

As trajetórias dos foguetes são afetadas por fatores mensuráveis e não mensuráveis, ambos relacionados às condições meteorológicas, a condição do material e a condição geográfica. Esses fatores, em proporção maior ou menor e de acordo com sua natureza, afetam o desempenho final dos foguetes (BRASIL, 2020).

Os fatores identificados como “mensuráveis” podem ser parcialmente corrigidos. Já os fatores “não mensuráveis” não são possíveis de se aferir e corrigir. Em termos práticos, o total das variações corrigíveis, em função dos fatores mensuráveis é significativamente maior que o das influências não susceptíveis de correção. As influências não mensuráveis estão incluídas na dispersão inerente ao sistema ASTROS, sendo inclusive, responsáveis por uma parte dela (BRASIL, 2020).

Em relação aos fatores meteorológicos, é importante observar que os dados a serem utilizados pelos computadores de tiro do Sistema ASTROS para a determinação das variações, são dados dispostos no Boletim Meteorológico (METCM). Já os dados utilizados para o cálculo pelo método convencional são dispostos no Boletim Meteorológico (METB3), tendo em vista a formatação idêntica das tabelas de tiro completa (BRASIL, 2020).

3.2.1 Fatores Mensuráveis

São influências nas trajetórias dos foguetes que podem ser identificadas e parcialmente corrigidas. A pressão atmosférica na superfície, os ventos de superfície, de baixas camadas e balístico, a temperatura balística, a densidade balística, a temperatura do propelente e a rotação da terra são considerados os principais fatores mensuráveis que influenciam nas trajetórias dos foguetes (BRASIL, 2020).

3.3 O controle técnico da direção de tiro

O Oficial de direção de tiro é o responsável pelo controle técnico do tiro. Ele pode ser o auxiliar do CLF na Bia MF ou o chefe da seção de direção de tiro que compõe o COT do GMF (BRASIL, 2020).

No sistema de artilharia de mísseis e foguetes, utiliza-se o termo “azimute” para fazer referência à direção de tiro em relação ao norte de quadrícula. Esse termo é utilizado para designar o lançamento do tiro. O vocábulo “lançamento” não é usual na Art Msl Fgt, tendo em vista que o termo “azimute” é encontrado em todas as viaturas do sistema ASTROS envolvidas a missão de tiro. O termo “azimute magnético” é utilizado para determinar a direção de tiro em relação ao norte magnético (BRASIL, 2020).

3.4 Métodos utilizados para o controle técnico do tiro

Há dois métodos utilizados para o controle técnico do tiro, o eletrônico e o convencional.

3.4.1 Métodos Eletrônicos

Os meios disponíveis para o exercício do controle técnico da direção de tiro dos sistemas são a VBUCF-MSR (Radar e CCT) e a VBPC-MSR e VBCCU-MSR (CCT) (BRASIL, 2020).

3.4.1.1. *Software* do Computador de Controle de Tiro (CCT)

O *Software* do Computador de Controle de Tiro (AV-CCT) está instalado na Viatura Posto de Comando e Controle de Bateria (AV-PCC), no Computador Tático (AV-CST). As funções principais do Computador de Controle de Tiro (AV-CCT) na AV-PCC são:

- a. Realizar os Cálculos de Tiro, substituindo a Diretora de Tiro;
- b. Fazer a comunicação com as lançadoras e obter dados meteorológicos da AV-MET; e

c. Fazer análise gráfica das condições do vento e pontos de impacto (tiro piloto), através de dados informados pelos observadores (AVIBRAS, 2016).

3.4.2 Métodos Convencionais

O método convencional pode ser realizado pelo processo gráfico ou calculado. O processo calculado permite a resolução do problema de tiro através de um processo no qual a direção e alcance são determinados pelos cálculos feitos com ou sem uma calculadora manual programável e os dados de tiro são determinados com a ajuda de uma tabela de tiro, como uma última opção para assegurar a continuidade operacional total em relação à aplicação do sistema ASTROS no combate e confrontar os cálculos realizados pelo software das viaturas do sistema (BRASIL, 2020).

O processo gráfico utiliza cartas topográficas, régua de escala, transferidores, entre outros meios. É utilizado para rápidas verificações na carta, locação de pontos como PO e verificação de margens de segurança. O longo alcance dos foguetes torna impreciso o processo gráfico para obtenção de elementos de tiro, pois há necessidade de utilizar cartas na escala de 1:100.000 ou 1:50.000. Portanto, deve-se recorrer ao processo calculado para obter dados mais precisos de elevação e azimute, visando manter a precisão desses elementos de pontaria (BRASIL, 2020).

De forma a tornar mais prático os cálculos realizados pelo CLF e pela turma de topografia, utilizamos para os cálculos topográficos o Boletim de Cálculo dos Dados Topográficos (BRASIL, 2020)

O método eletrônico deve ser o prioritário, uma vez que torna a preparação para o tiro mais rápida e minimiza a ocorrência de erros pelo calculador. O método convencional é utilizado concomitantemente com o eletrônico para conferência e acompanhamento da missão de tiro pelo CP, CLF e Cmt Bia (BRASIL, 2020).

3.4.2.1 Tipos de preparação para o tiro

3.4.2.1.1 Preparação Completa

Quando o cálculo dos elementos de tiro é realizado pelo método eletrônico e são levados em consideração todos os fatores mensuráveis, por meio de um boletim meteorológico atualizado (METCM) (BRASIL, 2020).

3.4.2.1.2 Preparação Simplificada

Quando o cálculo dos elementos de tiro é realizado pelo método eletrônico e não são levados em consideração todos os fatores mensuráveis, somente o vento de superfície, temperatura atmosférica e pressão do ar (BRASIL, 2020).

3.4.2.1.3 Preparação Teórica Completa

Quando o cálculo dos elementos de tiro é realizado pelo método convencional e são levados em consideração todos os fatores mensuráveis, por meio de um boletim meteorológico atualizado (METB3) (BRASIL, 2020).

3.4.2.1.4 Preparação Teórica Simplificada

Quando o cálculo dos elementos de tiro é realizado pelo método convencional e não são levados em consideração todos os fatores mensuráveis, somente o vento de superfície (BRASIL, 2020).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Método Convencional - Preparação Teórica Completa

Serão apresentados abaixo, os resultados dos cálculos dos elementos de tiro para uma missão de tiro com o Foguete SS-60 MW. Foram levantadas as coordenadas da posição da VBPC-MSR, VBLMU-MSR e do alvo.

Coordenadas	E	N	H
VBPCC-MSR (Viatura diretora de tiro)	2552227	8274951	916
VBLMU-MSR (Lançadora- Base)	255235	8274894	916
Alvo	263635	8247530	907

Quadro 1 – Coordenadas retangulares das viaturas ASTROS e do alvo.
Fonte: O autor

O preenchimento do Boletim dos Dados Topográficos com as coordenadas da VBLMU-MSR e do alvo forneceu o azimute topográfico e o alcance topográfico. Para o cálculo do Boletim de Dados Topográficos foi utilizado o arredondamento de 4 (quatro) casas decimais para a razão $\Delta N/\Delta E$ e números inteiros mais próximos para os outros valores.

BOLETIM DE CÁLCULO DOS DADOS TOPOGRÁFICOS			
	E	N	H
L1	255235	8274894	916
L2			
L3			
L4			
L5			
L6			
Alvo	263635	8247530	907

	E Alvo	E Lançadora	ΔE	N Alvo	N Lançadora	ΔN	$\Delta E \div \Delta N$
L1		- 255235	= 8400		- 8274894	= -27364	-0.3070
L2	263635	-	=	8247530	-	=	
L3		-	=		-	=	
L4		-	=		-	=	
L5		-	=		-	=	
L6		-	=		-	=	

	Arcig ($\Delta E \div \Delta N$)	Quadrante	Az °	Az Topo ""	
L1	17°	2°	163° 0	= 2898""	
L2			0	=	
L3			0	=	
L4			0	=	
L5			0	=	
L6			0	=	

Alcance Topográfico				
	ΔN^2	ΔE^2	Alc ²	Alcance Topo
L1	748788496	70560000	819348496	28624 m
L2		+	-	√
L3		+	=	√
L4		+	=	√
L5		+	-	√
L6		+	=	√

Figura 1 – Boletim de Cálculos dos Dados Nominais.
Fonte: O autor.

Como proposta deste trabalho foi a comparação do elementos de tiro calculados no *software* CCT com os elementos obtidos pela preparação teórica completa foi necessário o levantamento meteorológico pela VBPMeto-MSR e a impressão do boletim METB3.

```
@EJL 1284.4
@EJL
METB35 156473 222052 091899
002004 027875
012010 027875
021910 026876
031708 024878
041606 022880
051507 021881
061707 031879
071508 034878
081312 037877
99999
```

Figura 2- Boletim Meteorológico METB3 impresso pela VBPMeteo-MSR.
Fonte: O autor.

Dados extraídos do Boletim Meteorológico METB3 impresso:

Dados	Unidade
Octante	5
Latitude	15,6°
Longitude	47,3°
Validade	2 horas
Altitude	910 metros
Pressão Atmosférica	89,9%
Data /Hora	22/ 20:30

Quadro 2- Dados do Boletim Meteorológico METB3.
Fonte: O autor.

Com os dados extraídos do Boletim Meteorológico METB3 e do Boletim de Dados Topográficos foi iniciado o preenchimento da preparação teórica completa. Pela tabela Nº1 da tabela de tiro do foguete SS-60 MW, edição 2019, foi retirado os dados de linha do boletim meteorológico e de elevação inicial, na altitude 1000 metros e alcance 28800 metros, que deverá ser utilizado nos cálculos.

TABELA Nº 1 **DADOS NOMINAIS**
ALTITUDE DO LANÇADOR - 1000 m

ALCANCE	ELEVAÇÃO	LINHA METEO	SENSIBILIDADE DO ALCANCE	TEMPO DE ESPOLETA	ALTITUDE DA FLECHA	ALCANCE PARA FLECHA	DISPERSÃO		CEP
							ALCANCE	LATERAL	
m	mils		mils/ 100m	sec	m	m	m	m	m
20000	435.8	6	.4	24.6	2022	17045	111	72	110
20400	437.2	6	.4	25.3	2049	17119	113	75	113
20800	438.8	6	.4	26.0	2077	17195	114	79	116
21200	440.4	6	.4	26.8	2106	17274	116	83	119
21600	442.0	6	.4	27.5	2137	17356	118	87	122
22000	443.8	6	.4	28.3	2169	17440	119	91	125
22400	445.6	6	.5	29.0	2203	17528	121	95	128
22800	447.4	6	.5	29.8	2238	17619	122	100	132
23200	449.4	6	.5	30.6	2275	17714	124	105	135
23600	451.5	6	.5	31.4	2315	17814	125	110	139
24000	453.7	6	.6	32.2	2357	17918	127	115	143
24400	456.0	6	.6	33.0	2401	18028	128	121	147
24800	458.5	6	.6	33.8	2449	18143	130	127	151
25200	461.1	6	.7	34.6	2501	18266	131	133	155
25600	463.9	6	.7	35.5	2556	18396	133	139	160
26000	466.9	6	.8	36.3	2616	18534	134	146	165
26400	470.2	6	.8	37.2	2682	18682	135	153	170
26800	473.7	6	.9	38.1	2753	18841	137	161	176
27200	477.5	6	1.0	39.1	2832	19012	138	169	182
27600	481.6	6	1.1	40.0	2917	19194	140	178	188
28000	486.0	7	1.1	41.0	3010	19388	141	187	195
28400	490.7	7	1.2	42.0	3110	19594	142	197	202
28800	495.5	7	1.2	43.1	3215	19800	144	207	210
29200	500.4	7	1.2	44.1	3322	20008	146	217	218
29600	505.3	7	1.2	45.1	3429	20213	148	226	225

Figura 3- Tabela Nº1 da Tabela de Tiro do Foguete SS-60 MW.
 Fonte: AVIBRAS, 2016.

Na tabela de tiro do foguete SS-60 MW para o calculo da preparação teórica completa foram retirados os seguintes dados:

Tabela nº	Fator Mensurável	Correção
4	Densidade Balística	- 0,1%
4	Temperatura Balística	- 0,02%
4	Pressão	-0,12%
5	Componente Transversal do Vento Balístico	- 0,98
5	Componente Longitudinal do Vento Balístico	- 0,2
6.1	Sensibilidade em Alcance (100 m) - Elevação	- 0,8
6.1	Desnível Alvo - Lançadora- Elevação	- 3,1
6.1	Densidade Balística- Elevação	- 1,8
6.1	Temperatura Balística- Elevação	0,6
6.1	Pressão	- 0,4
6.1	Componente Longitudinal do Vento Balístico- Elevação	0,5
6.1	Temperatura do propelente- Elevação	6,1
6.2	Sensibilidade em Alcance (100 m) – Tempo de Espoleta	- 0,2
6.2	Desnível Alvo - Lançadora– Tempo de Espoleta	1
6.2	Densidade Balística– Tempo de Espoleta	- 0,3
6.2	Temperatura Balístico– Tempo de Espoleta	0,1
6.2	Pressão– Tempo de Espoleta	0
6.2	Componente Longitudinal do Vento Balístico– Tempo de Espoleta	0,2
6.2	Temperatura do propelente– Tempo de Espoleta	- 0,3
7.1	Vento de Baixa Camada- Elevação	2
7.2	Vento de Baixa Camada- Azimute	29
8.1	Rotação da Terra (Fator de Multiplicação)- Elevação	0,94
8.1	Rotação da Terra- Elevação	-1,2
8.2	Rotação da Terra- Tempo de Espoleta	0
9	Rotação da Terra- Azimute	-0,7

Quadro 3 – Correções dos elementos de tiro da Tabela de Tiro para o foguete SS-60 MW.
Fonte: O autor.

No preenchimento do Boletim de Cálculo dos Dados Nominais para a preparação teórica completa obteve-se os seguintes elementos de tiro

BOLETIM DE CÁLCULO DOS DADOS NOMINAIS							
TIPO DE FOGUETE: SS- 60 MW				DATA:		HORA:	
Alc Topo	28624 m	Alt L	916 m	Elv. Inicial	495,5 _{T3}	Az. Topo	2898 '''
Alt Alvo	907 m	Lat L	N 15,6° S	Alt da Av- Met	910 m	Temp. Prop.	25 °C

Linha do Bol. Met.	7 _{T3}		Dens. Bal.	Temp. Bal.	Pressão				
Alt. LB	916 m	Bol. Met.	87,8 %	103,4 %	89,9 %				
Alt. Av-Met	910 m	Corr. T ₄	+ - 0,1 %	+ - 0,02 %	+ - 0,12 %				
Desn LB-Met	06 m	Atual	= 87,6 %	= 103,38 %	= 82,78 %				
Vel. VBC.	2,78 m/s	Vel. do Ven. Bal.	8 m/s	Componente Transversal do Ven. Bal.	Vel. Ven.	Comp. T.5	Resultado		
Az. VBC.	1500 '''	Az. Do Ven. Bal.	1500'''		8	X - 0,98	= - 7,84		
+ 6400 (sfc)	+ 6400	+ 6400 (sfc)	+ 6400	Componente Longitudinal do Ven. Bal.	Vel. Ven.	Comp. T. 5	Resultado		
Soma	= 7900	Soma	= 7900		8	X -0,20	= 1,6 H(+)		
Az. Topo	- 2898	Az. Topo	- 2898	Desn. (Alvo - L)					
Dif. VBC - Az. Topo	= 5002	Dif. Ven. Bal. - Az. Topo	= 5002	Alt. do Alvo	Alt. da LB	Desn. (Alvo - L)			
				907 m	- 916 m	= -9 m			
Varição das Condições Padrão	Atual	Padrão	Diferença	Fatores Corr. Elv.	Corr Elv	Fatores Corr T.E.	Correção T.E.		
Alc Topo	28624 m	28800 T _{6.1}	= 17,6	X -0,8 T _{6.1}	- 1,408	X /100 T _{6.2}	- 0,352		
Desn Alvo-L	-9 m	0 T _{6.1}	= 9	X -3,1 T _{6.1}	- 0,279	X 1 T _{6.2}	+ 0,009		
Densidade Balística Atual	87,6 %	90 T _{6.1}	= 2,4	X -1,8 T _{6.1}	- 4,32	X -0,3 T _{6.2}	- 0,72		
Temperatura Balística Atual	103,38 %	97,6 T _{6.1}	= 5,78	X 0,6 T _{6.1}	+ 3,468	X 0,1 T _{6.2}	+ 0,578		
Pressão	82,78 %	87,8 T _{6.1}	= 5,02	X -0,4 T _{6.1}	- 2,008	X 0 T _{6.2}	+ 0		
Componente Longitudinal Do Ven. Bal.	1,6 H			X 0,5 T _{6.1}	+ 0,8	X 0,2 T _{6.2}	+ 0,32		
Temperatura Propelente	25 °C	T _{6.1}	Dif ≤ 20 =	X 6,1 T _{6.1}	- 10,37	X /10 T _{6.2}	- 0,51		
			Dif > 20	20 ^D	X T _{6.1}	+	X T _{6.2}	+	
				-20 ^D	X T _{6.1}	-	X T _{6.2}	-	
Correção VBC					+ 2 T _{7.1}				
Rotação Da Terra	0,94 T _{8.1}			X -1,2 T _{8.1}	- 1,128	X T _{8.2}	+ 0		
				Correção Total Elv	= - 13,245	Correção Total T.E.	= -0,675		
Corr. de Az.	Correções de Azimute								
Componente Transversal do	-7,84 X	2,2	= -17,248	Elevação		Azimute		Tempo de Espoleta	
Correção VBC	+29		T _{7.2}	Elv.	520.1 T _{6.1}	Az. Topo	2898''	T.E. Padrão	41,9 T _{6.2}
Rotação da Terra	- 0,7		T ₉	Corr.	- 13,245	Corr. Total Az.	+ 11,052	Corr. Total T.E.	+ 0,675
Correção Total	= 11,052 '''			Elv.	= 507 '''	Az. Nominal	= 2909 '''	T.E. Nominal	= 41,2 S

Quadro 4- Boletim de cálculos dos dados nominais.

Fonte: O autor.

O boletim de cálculo dos dados nominais corrige todos os fatores atmosféricos mensuráveis para o cálculo dos elementos de tiro, com exceção, o vento de superfície. Para isso, faz-se necessário a correção dos elementos de tiro em relação à velocidade e o ângulo de superfície.

A tabela 2.1 para o foguete SS-60 MW, em sua tabela simplificada, realiza a correção em elevação para a influência do vento de superfície.

CORREÇÃO DE ELEVAÇÃO PARA INFLUÊNCIA DO VENTO DE SUPERFÍCIE (Mils)

ELEVAÇÃO PADRÃO = 500 (Mils)

TABELA Nº 2-1	ÂNGULO DE VENTO DE SUPERFÍCIE Mils	VELOCIDADE DO VENTO (kt)														ÂNGULO DE VENTO DE SUPERFÍCIE Mils
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	
0	2	5	7	10	12	15	17	20	22	25	28	30	33	36	39	6400
100	2	5	7	10	12	15	17	20	22	25	28	30	33	36	39	6300
200	2	5	7	10	12	14	17	19	22	24	27	30	32	35	38	6200
300	2	5	7	9	12	14	16	19	21	24	26	29	31	34	37	6100
400	2	4	7	9	11	14	16	18	21	23	25	28	30	33	35	6000
500	2	4	6	9	11	13	15	17	19	22	24	26	29	31	33	5900
600	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	29	31	5800
700	2	4	6	7	9	11	13	15	17	19	21	23	24	26	28	5700
800	2	3	5	7	8	10	12	14	15	17	19	20	22	24	25	5600
900	2	3	5	6	8	9	11	12	13	15	16	18	19	21	22	5500
1000	1	3	4	5	7	8	9	10	12	13	14	15	17	18	19	5400
1100	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	5300
1200	1	2	3	4	4	5	6	7	8	8	9	10	11	11	12	5200
1300	1	1	2	3	3	4	4	5	6	6	7	7	8	8	9	5100
1400	0	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	5000
1500	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4900

Figura 4- Tabela Nº 2.1 da Tabela de Tiro do Foguete SS-60 MW.
Fonte: AVIBRAS, 2016.

A tabela 2.2 do foguete SS-60 MW, em sua tabela simplificada, realiza a correção do azimute para a influência do vento de superfície.

TABELA 2.2

CORREÇÃO DE AZIMUTE PARA INFLUÊNCIA DO VENTO DE SUPERFÍCIE (Mils)

ELEVAÇÃO PADRÃO = 500 (Mils)

ÂNGULO DE VENTO DE SUPERFÍCIE Mils	VELOCIDADE DO VENTO (kt)															ÂNGULO DE VENTO DE SUPERFÍCIE Mils
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6400
100	-1	-2	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-9	-10	-11	-12	-13	6300
200	-2	-3	-5	-7	-8	-10	-12	-13	-15	-17	-19	-21	-22	-24	-26	6200
300	-2	-5	-7	-10	-12	-15	-17	-20	-23	-25	-28	-31	-33	-36	-39	6100
400	-3	-6	-10	-13	-16	-20	-23	-26	-30	-33	-37	-40	-44	-47	-51	400
500	-4	-8	-12	-16	-20	-24	-28	-33	-37	-41	-45	-50	-54	-58	-63	5700
600	-5	-9	-14	-19	-24	-28	-33	-38	-43	-48	-53	-58	-63	-69	-74	5800
700	-5	-11	-16	-21	-27	-32	-38	-44	-49	-55	-61	-67	-72	-78	-84	5700
800	-6	-12	-18	-24	-30	-36	-42	-49	-55	-61	-68	-74	-80	-87	-94	5600
900	-6	-13	-19	-26	-33	-39	-46	-53	-60	-67	-74	-81	-88	-95	-102	5500
1000	-7	-14	-21	-28	-35	-42	-50	-57	-64	-72	-79	-86	-94	-102	-109	5400
1100	-7	-15	-22	-30	-37	-45	-52	-60	-68	-76	-83	-91	-99	-107	-116	5300
1200	-8	-15	-23	-31	-39	-47	-55	-63	-71	-79	-87	-95	-104	-112	-121	5200
1300	-8	-16	-24	-32	-40	-48	-57	-65	-73	-81	-90	-98	-107	-116	-124	5100
1400	-8	-16	-25	-33	-41	-49	-58	-66	-75	-83	-92	-100	-109	-118	-127	5000
1500	-8	-17	-25	-33	-42	-50	-58	-67	-75	-84	-93	-101	-110	-119	-128	4900

Figura 5- Tabela Nº 2.2 da Tabela de Tiro do Foguete SS-60 MW.

Fonte: AVIBRAS, 2016.

Com os dados de correção da influência do vento de superfície em azimute e elevação consultados na tabela de tiro do foguete SS-60 MW, foi preenchido o Boletim de Correção do Vento de Superfície.

Para o preenchimento do Boletim de Correção do Vento de Superfície, não serão levados em consideração à correção da elevação para a sensibilidade em 100 metros, haja vista, essa correção já foi realizada no Boletim de Cálculo de Dados Nominais e correção no tempo de espoleta, não sendo previsto nenhuma correção para a influência do vento de superfície, sendo considerado para esta pesquisa o tempo de espoleta encontrado no Boletim de Cálculo de Dados Nominais.

BOLETIM DE CORREÇÃO DO VENTO DE SUPERFÍCIE							
TIPO DE FOGUETE	SS-60 MW	BIA MF:	DATA:	POS:	HORA:		
Dados KMS	Direção do Vento: 1500		Velocidade do Vento: 5.4		Knots		
Ângulo Vento de Superfície							
	Direção do Vento	Azimute Nominal		+ 6400 (SFC) (Az Topo > Dir Vento)	Ângulo Vento Superfície		
L1	1500	-	2909	- +	6400	4991	
L2		-		- +			
L3		-		- +			
L4		-		- +			
L5		-		- +			
L6		-		- +			
Elevação de Tiro							
	Elv. Nom. (Tab. 1)	Sensibilidade para 100m (SFC)				Corr. Elv. (Tab. 2-1)	Elv. Tiro
		Alc Nominal	Alc Tabela	Diferença de Alc	Sens. (Tab 1)		
L1	507	m -	m =	m x	/100	+ 1	508
L2		m -	m =	m x	/100	+	
L3		m -	m =	m x	/100	+	
L4		m -	m =	m x	/100	+	
L5		m -	m =	m x	/100	+	
L6		m -	m =	m x	/100	+	
Elevação de Tiro = Elv Nom. + Corr. Sens. (Sfc) + Corr Elv							
Azimute de Tiro							
		Azimute Nominal		Corr Az (Tab. 2-2)*		Azimute de Tiro	
L1		2909	- +	+21		2930	
L2			- +				
L3			- +				
L4			- +				
L5			- +				
L6			- +				
*Tab. 10-2 – Ângulo de Vento entre 3200 e 6400 inverter o sinal da correção							

Figura 6- Boletim de Correção do Vento de Superfície.

Fonte: O autor.

Os elementos de tiro calculados na preparação teórica completa foram os seguintes:

Elementos de Tiro	Topográfico	Nominal	Correção do Vento de Superfície	Elementos Finais de Tiro
Azimute de Tiro	2898''	+ 11,052''	+ 21''	2930''
Elevação de Tiro	520,1''	- 13,245''	+1	508''
Tempo de Espoleta	41,9 s	- 0,675 s	-	41.2 s

Quadro 5- Elementos de tiro calculados pelo método convencional.

Fonte: O autor.

4.2 Método Eletrônico- Software CCT

Para o processo eletrônico foi confeccionado o boletim meteorológico MTCM com os mesmos dados levantados pelo METB3 no processo convencional do cálculo dos elementos de tiro.

No *software* ANÁLISE DA MISSÃO foram inseridos os dados topográficos dos elementos da missão, o tipo de foguete, a altitude da lançadora, o nível de certeza e saturação desejada.

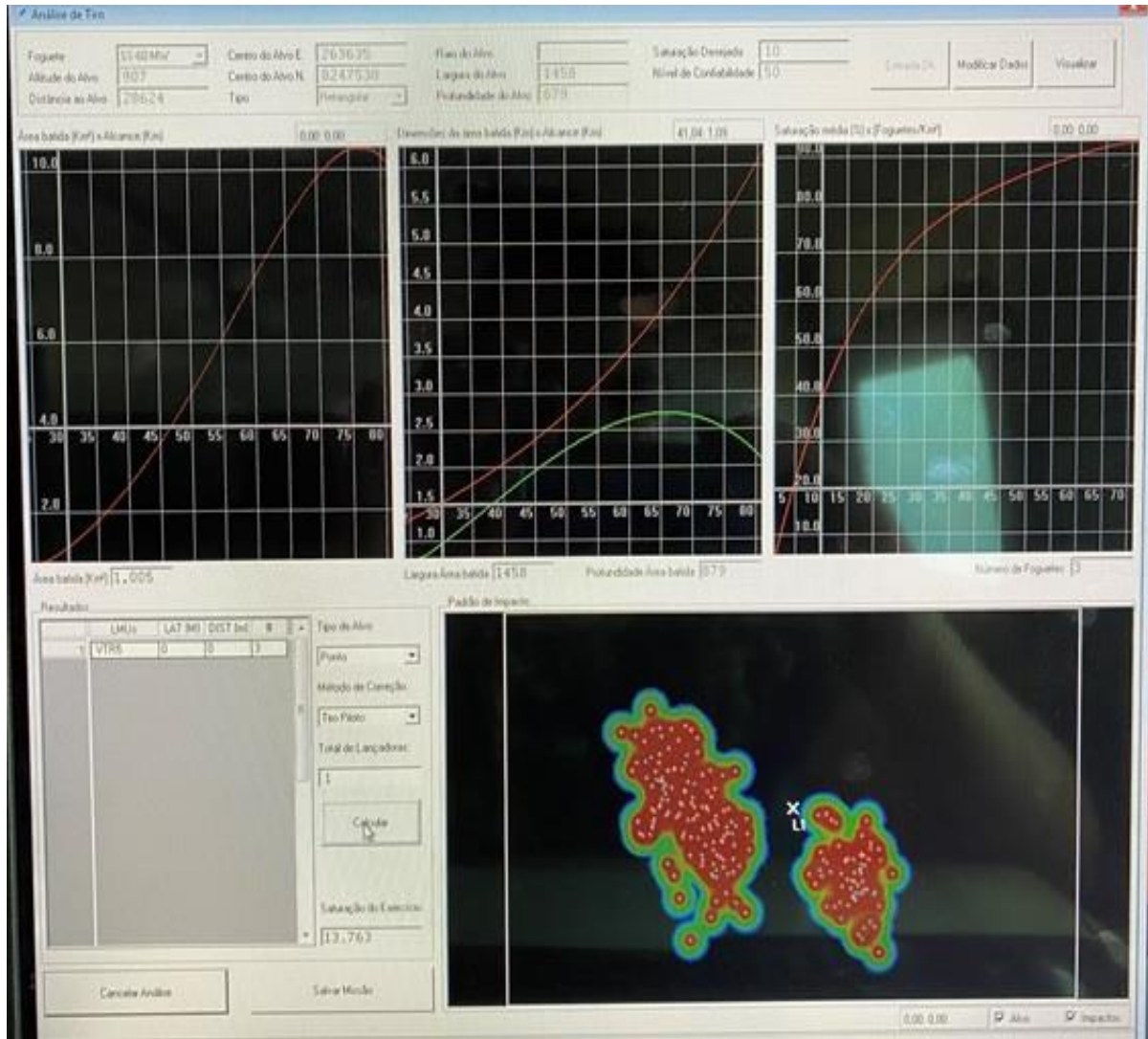


Figura 7- Software Análise da Missão.
Fonte: O autor.

Após criar a missão, no *software* CCT foi carregado a missão, o boletim meteorológico METCM, e calculado os elementos de tiro.

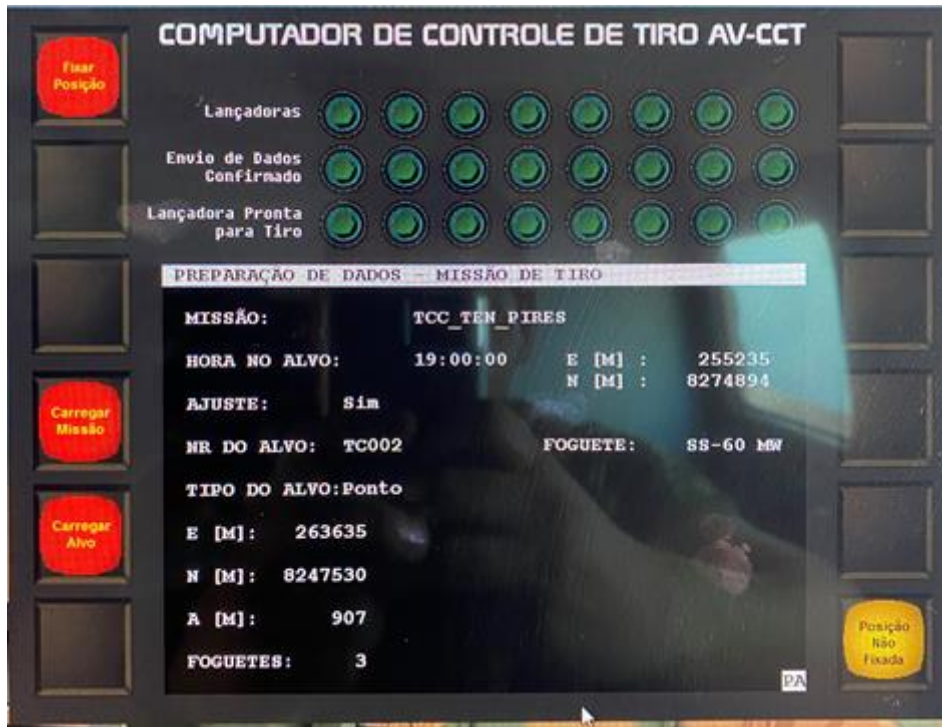


Figura 8- Carregamento da missão no software CCT.
Fonte: O autor.

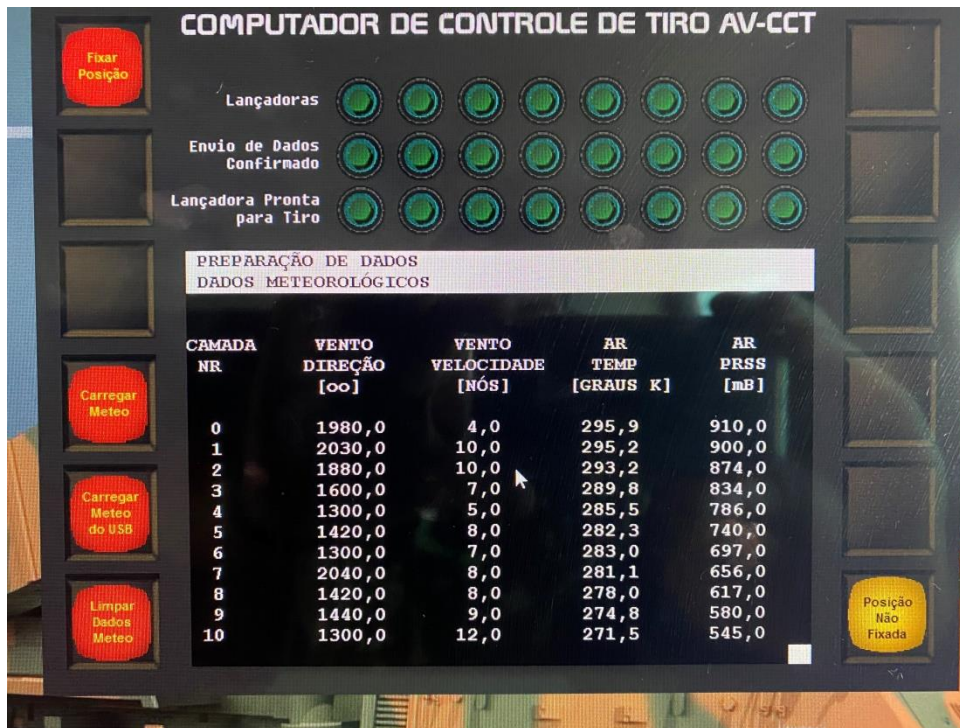


Figura 9- Carregamento do Boletim Meteorológico METCM .
Fonte: O autor.

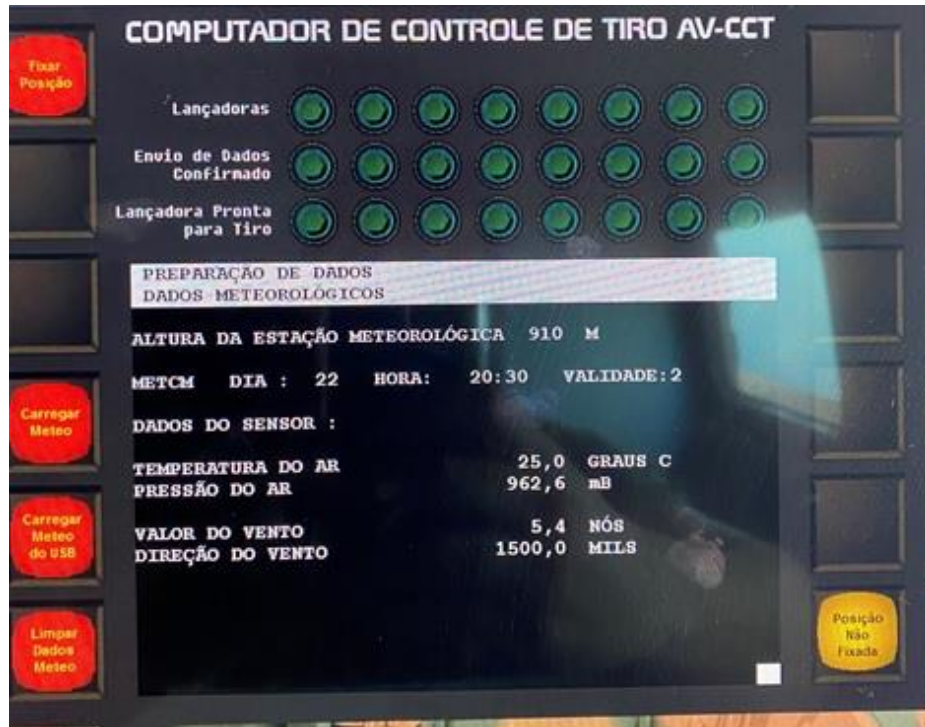


Figura 10- Preenchimento manual dos dados do sensor.
Fonte: O autor.

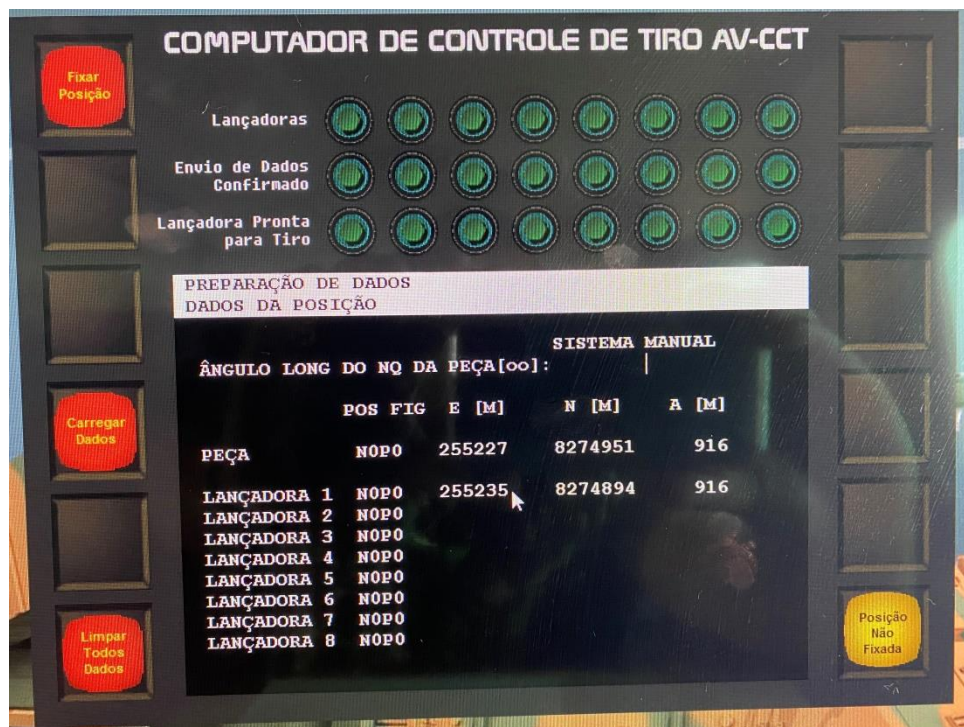


Figura 11- Inserção das coordenadas das viaturas no software CCT.
Fonte: O autor.



Figura 12- Escolha do foguete SS-60 MW no software CCT.
Fonte: O autor.



Figura 13- Elementos de Tiro calculados pelo método eletrônico.
Fonte: O autor.

Os elementos de tiro obtidos pelo software CCT no processo de cálculo de tiro eletrônico foram os seguintes:

Elementos de Tiro		
Elevação	Azimute	Tempo de Espoleta
510'''	2919'''	40,7 segundos

Quadro 6 - Elementos de tiro calculados pelo método eletrônico.
Fonte: O autor.

Diante dos elementos de tiro obtidos pelo método convencional e pelo método eletrônico, e tomando com base para análise o método eletrônico, chegamos aos seguintes resultados:

Elementos de Tiro	Convencional	Eletrônico	Variação Nominal	Variação Percentual
Azimute	2930'''	2919'''	+11	0,37%
Elevação	508'''	510'''	- 2	0,39%
Tempo de Espoleta	41,2 s	40,7 s	+ 0,5	1,22%

Quadro 7 – Comparação dos elementos de tiro calculados pelo método convencional e eletrônico.
Fonte: O autor.

Com base nos resultados expostos acima, podemos concluir que os métodos de cálculos de tiro possuem valores muito próximos, independente do método utilizado, e uma diferença percentual muito pequena, tomando como base o processo eletrônico. Apesar destes valores numéricos, o desvio lateral de 11 (onze) milésimos em um alvo à 28624 metros acarretaria uma dispersão lateral de 316 metros. Ao analisarmos a tabela nº 01 do foguete SS-60 MW, figura 3 deste trabalho, observamos que a dispersão lateral provocada por esse desvio de 11''' em direção é considerável, tendo em vista que o valor de referência na tabela nº 01 para o alcance de 28800 na altitude 1000 metros é de 207 metros de dispersão lateral, provando uma dispersão no alvo maior que o valor de referência.

Contudo, verificamos que nenhuma dispersão, tanto a lateral, quanto em alcance é maior que o valor correspondente a duas vezes o ERRO CIRCULAR PROVÁVEL (CEP), fator utilizado para considerar um tiro válido,

Por fim, tanto o emprego método convencional para o calculo dos elementos de tiro, quanto o emprego método eletrônico mostraram-se eficazes e confiáveis, no que tange ao cálculo de elevação, azimute e tempo de espoleta, levando-se em consideração todos os fatores mensuráveis para as trajetórias dos foguetes. Porém, necessita que as tabelas de tiro sejam atualizadas para o cálculo dos elementos de tiro pelo método convencional na preparação teórica completa, minimizando as dispersões no alvo, tornando o processo mais preciso.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quanto aos objetivos propostos no início deste trabalho, conclui-se que a presente investigação atendeu ao pretendido, comparando os métodos de cálculos de tiro e comparando-as.

Verificou-se a precisão dos dois métodos com a obtenção dos resultados e suas comparações. Os resultados apresentados através deste trabalho eleva o nível de confiabilidade do sistema ASTROS, corroborando com o desenvolvimento da doutrina pelo Centro de Instrução de Artilharia de Mísseis e Foguetes e com a Divisão de Ensino, reafirmando a importância dos alunos e futuros operadores do sistema de mísseis e foguetes, em dominar o método convencional, caso haja alguma pane ou inviabilidade de se usar o método eletrônico por meio do *software* CCT.

Sendo assim, esta pesquisa resolve o problema formulado demonstrando que os resultados alcançados foram satisfatórios. Estes resultados indicam um alinhamento entre os métodos convencionais e eletrônicos para o cálculo de elementos de tiro, mensurando todos os fatores que influenciam nas trajetórias dos foguetes,

Desta forma, o presente trabalho contribuirá para os desenvolvimentos de novas pesquisas, sob outras perspectivas para a direção de tiro, com novos elementos e com novos objetivos. Toda e qualquer pesquisa sobre a direção de tiro, considerando outros fatores e/ou outras situações problemas, contribuirá para o desenvolvimento da disciplina, do sistema e para o aprimoramento dos softwares, elevando o nível de confiabilidade de seu emprego.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Exército. **C 6-16 BATERIA DE LANÇADORES MÚLTIPLOS DE FOGUETES**. 2ª ed. Brasília, DF. 1999.

BRASIL. Exército. **Manual Experimental: Artilharia de Campanha de Longo Alcance**. 1ª ed. Brasília, DF. 2017.

BRASIL. Exército. **Nota de Aula: Técnica de Tiro**. C I Art Msl Fgt. 9ª ed. Formosa, GO. 2020.

COSTA, M. A. F; COSTA, M. F. B. **Projeto de Pesquisa: entenda e faça**. 6ª ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2015. 139 p.

AVIBRAS. **ASTROS MK6: Manual de Utilização da Viatura Posto de Comando e Controle de Bateria (AV-PCC)**, Ed única. Jacareí, SP. 2016.

AVIBRAS. **ASTROS MK6: Manual de Operação dos Softwres das Viaturas de Comando e Controle (AV-VCC e AV-PCC)**, Ed única. Jacareí, SP. 2016.

AVIBRAS. **ASTROS MK6: Manual de Operação do Computador de Controle de Tiro (AV-CCT)**, Ed única. Jacareí, SP. 2016

AVIBRAS. **ASTROS MK6: Tabela de Tiro para o Foguete AV-SS-60 MW**, Ed única. Jacareí, SP. 2016