



# **PROJETO DE GRADUAÇÃO**

## **EFETIVIDADE DAS MARCAS DE DISPARO NA LATERAL DE ESTOJOS PARA SISTEMAS DE IDENTIFICAÇÃO BALÍSTICA**

Por,  
**Alyson Jhones de Souza Andrade**

**Brasília, 10 de dezembro de 2018**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
Faculdade de Tecnologia  
Departamento de Engenharia Mecânica

## PROJETO DE GRADUAÇÃO

# EFETIVIDADE DAS MARCAS DE DISPARO NA LATERAL DE ESTOJOS PARA SISTEMAS DE IDENTIFICAÇÃO BALÍSTICA

POR,

**Alyson Jhones de Souza Andrade**

Relatório submetido como requisito parcial para obtenção  
do grau de Engenheiro Mecânico.

### **Banca Examinadora**

Prof. Dr. Palloma Vieira Muterlle, UnB/  
ENM (Orientadora)

---

Prof. Dr. Antônio Manoel Dias  
Henriques, UnB/ ENM

---

Prof. Dr. Daniel Monteiro Rosa, UnB/  
ENM

---

Brasília, 10 de dezembro de 2018

## **Dedicatória**

*Dedico este projeto a Deus, a família que  
tenho e a que ainda está por vir.*

*Alyson Jhones de Souza Andrade*

## **Agradecimentos**

*Agradeço aos professores do curso de engenharia mecânica pela atenção e paciência ao longo da graduação; A Lehi Sudy dos Santos pela oportunidade do projeto e inspiração diária; A meus amigos de curso, pelas noites em claro e motivação para não esmorecer nos momentos de dificuldade; A Ivo Valério Batista Andrade, meu pai e mentor, Márcia Sueli de Souza Batista Andrade, minha mãe e apoiadora; E Thaís Silva e Carvalho por todo o carinho e amor que uma pessoa pode dar.*

*Alyson Jhones de Souza Andrade*

## **RESUMO**

O confronto balístico é um procedimento utilizado em perícia forense para relacionar munições a arma utilizada no disparo. Através de um microscópio comparador, o perito verifica marcas nos objetos que possam os relacionar como “digitais”. Mas devido à grande quantidade de armas, torna-se inviável realizar o confronto com todas quando um novo artefato é encontrado em campo, sendo necessário que haja razoável suspeita da relação dos objetos para chance de resultado positivo. Com isso em mente, hoje estão sendo desenvolvidos diversos sistemas que criam banco de dados para realizar confrontos automaticamente após o cadastramento dos artefatos, facilitando o trabalho investigativo. O presente projeto tem por objetivo avaliar a efetividade da identificação balística automática através das marcas de disparo deixadas na lateral dos estojos pela câmara de combustão. Além disso, características físicas e mecânicas dos estojos foram estudadas com intuito de identificar parâmetros que influenciam na eficácia do sistema.

---

## **ABSTRACT**

Ballistic confrontation is a procedure used in forensic expertise to relate ammunition to the weapon used in firing. Through a comparator microscope, the expert checks marks on the objects that can relate them like "digital". Because of the large quantity of weapons, it is not feasible to confront them all when a new artifact is found in the field, and it is necessary that there is a reasonable suspicion of the relation of the objects to a chance of a positive result. Several systems are now being developed that create a database to perform confrontations automatically after the registration of the artifacts, facilitating the investigative work. The present project aims to evaluate the effectiveness of automatic ballistic identification through the firing marks left on the side of the cases by the combustion chamber. In addition, physical and mechanical characteristics of the cartridge were studied in order to identify parameters that influence the effectiveness of the system.

# SUMÁRIO

RESUMO.....	5
ABSTRACT.....	5
<b>Lista de abreviaturas e siglas .....</b>	<b>9</b>
<b>Lista de símbolos .....</b>	<b>11</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>18</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E MOTIVAÇÃO.....	18
1.2 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA .....	20
1.3 OBJETIVO.....	21
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	21
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>23</b>
2.1 ARMAS DE FOGO.....	23
2.1.1 HISTÓRICO.....	26
2.1.2 CALIBRE.....	28
2.1.3 RAIAMENTO .....	29
2.1.4 MUNIÇÃO.....	32
2.1.5 TIRO.....	40
2.2 CIÊNCIAS FORENSES.....	41
2.2.1 HISTÓRICO.....	43
2.2.2 BALÍSTICA FORENSE.....	43
2.2.3 DUREZA.....	46
2.2.4 RUGOSIDADE .....	47
2.2.5 COMPOSIÇÃO QUÍMICA E PROPRIEDADES .....	49
2.2.6 PRESSÃO.....	53
<b>3 EQUIPAMENTOS E UTILITÁRIOS.....</b>	<b>55</b>
<b>4 PROCEDIMENTOS .....</b>	<b>59</b>
4.1 SOFTWARE DE CONFRONTO AUTOMÁTICO .....	59
4.1.1 PASSO A PASSO DA AQUISIÇÃO DE DADOS NO SOFTWARE.....	59

4.1.2	PASSO A PASSO DO <i>ENCODING</i> DE DADOS NO SOFTWARE .....	66
4.1.3	PASSO A PASSO DO CONFRONTO NO SOFTWARE .....	67
4.1.4	NOMENCLATURA.....	69
4.1.5	EFETIVIDADE DO SISTEMA.....	70
4.2	AFERIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DOS ESTOJOS .....	74
4.2.1	RUGOSIDADE .....	74
4.2.2	DUREZA.....	75
4.2.3	PRESSÃO.....	77
4.3	VERIFICAÇÃO DA CORRELAÇÃO .....	79
<b>5</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>81</b>
5.1	RESULTADOS DO SISTEMA.....	81
5.1.1	EFETIVIDADE PARA O CALIBRE 9 MM .....	81
5.1.2	EFETIVIDADE PARA O CALIBRE .40 POL.....	83
5.1.3	EFETIVIDADE PARA O CALIBRE 5,56 MM .....	85
5.1.4	EFETIVIDADE PARA O CALIBRE 7,62 MM .....	87
5.2	PROPRIEDADES MECÂNICAS .....	88
5.2.1	RUGOSIDADES DOS CALIBRES .....	89
5.2.2	DUREZA DOS CALIBRES .....	91
5.2.3	PRESSÃO DOS CALIBRES.....	92
5.3	CORRELAÇÕES VERIFICADAS .....	93
<b>6</b>	<b>DISCUSSÕES .....</b>	<b>101</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>104</b>
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>105</b>
<b>9</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>108</b>
9.1	ANEXO I – ARMAS DO CALIBRE 9 MM UTILIZADAS .....	109
9.2	ANEXO II – ARMAS DO CALIBRE .40 POL UTILIZADAS.....	110
9.3	ANEXO III – ARMAS DO CALIBRE 5,56 MM UTILIZADAS .....	111
9.4	ANEXO IV – ARMAS DO CALIBRE 7,62 MM UTILIZADAS.....	112
9.5	ANEXO V – DIMENSÕES DAS MUNIÇÕES CALIBRE .40 POL .....	113

9.6	ANEXO VI – DIMENSÕES DAS MUNIÇÕES CALIBRE 9 MM .....	114
9.7	ANEXO VII – DIMENSÕES DAS MUNIÇÕES CALIBRE 5,56 MM.....	115
9.8	ANEXO VIII – DIMENSÕES DAS MUNIÇÕES CALIBRE 7,62 MM .....	116
9.9	ANEXO IX – TABELA BALÍSTICA DO CALIBRE 9MM (CBC, 2012) .....	117
9.10	ANEXO X – TABELA BALÍSTICA DO CALIBRE .40 POL (CBC, 2012).....	118
9.11	ANEXO XI – TABELA BALÍSTICA DO CALIBRE 5,56 MM (CBC, 2012).....	119
9.12	ANEXO XII – TABELA BALÍSTICA DO CALIBRE 7,62 MM (CBC, 2012) .....	120
9.13	ANEXO XIII – RESULTADOS DAS ARMAS NO SISTEMA ARSENAL .....	121



# Lista de abreviaturas e siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AISI	American Iron and Steel Institute (Instituto Americano de Ferro e Aço)
ASMA	<i>American Society for Metals</i> (Sociedade Americana de Metais)
BF	<i>Breech Face</i> (marca do ferrolho)
CAD	<i>Computer-Aided Design</i> (Desenho Assistido por Computador)
CBC	Companhia Brasileira de Cartuchos
CIP	<i>Commission internationale permanente pour l'épreuve des armes à feu portatives</i> ( Comissão Internacional Permanente para a Prova de Armas Pequenas)
CXPO	Cobre Expansivo Ponta Oca
DCL	Diagrama de Corpo Livre
DIN	<i>Deutsches Institut für Normung</i> (Instituto Alemão de Normalização)
ETPE	Encamisado Total Pontagudo
EXPO	Expansivo de Ponta Oca
FP	<i>Firing Pin</i>
IAA	<i>International Ammunition Association</i> (Associação Internacional de Munições)
IMBEL	Indústria de Material Bélico do Brasil
NBR	Norma Brasileira
OTAN	Organização do Tratado do Atlântico Norte

PC	Polícia Civil
PF	Polícia Federal
SAAMI	<i>Sporting Arms and Ammunition Manufacturers' Institute</i> (Instituto de Fabricantes de Armas e Munições Desportivas)
SAT	Serviço de Armamento e Tiro
SI	Sistema Internacional
UnB	Universidade de Brasília

# Lista de símbolos

Cov (X)	Covariância de X
D	Diâmetro [mm]
F	Força [N]
FS	Fator de Segurança
G	Módulo de Rigidez do Material [GPa]
HB	Dureza Brinell [HB]
HV	Dureza Vickers [HV]
I	Momento de Inércia [mm <sup>4</sup> ]
L	Comprimento [mm]
Mf	Momento Fletor [N/m]
N	Rotação [rpm]
Pa	Pascal [ $N/m^2$ ]
Pol	polegada
T	Torque [N*m]
H	Eficiência
$\sigma$	Tensão [MPa]
$\sigma_{flexão}$	Tensão de Flexão [MPa]
$\sigma_m$	Tensão Média [MPa]
$\sigma'_m$	Tensão Média Corrigida [MPa]
$\tau_{adm}$	Tensão de Cisalhamento Admissível [MPa]
$\tau_m$	Tensão de Cisalhamento Média [MPa]
W	Trabalho [J]
$\rho (X, Y)$	Índice de covariância de Pearson entre X e Y

# LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Taxas de mortalidade em 100 mil habitantes por armas de fogo. Fonte: Waiselfisz (2010).....	18
Figura 2 – Participação em % dos homicídios por arma de fogo até 2014. Fonte: Flacso Brasil (2014) .....	19
Figura 3 – Indicação dos principais componentes externos de uma arma de fogo. Fonte: Cartilha de armamento e tiro da SAT (2017).....	24
Figura 4 – Raias destrógiras (esquerda) e raias sinistrógiras (direita). Fonte: Cartilha de armamento e tiro da SAT (2017).....	25
Figura 5 – Esquema dos componentes internos da arma de fogo. Fonte: Armas H&K USP (2015).....	26
Figura 6 – Desenho dos componentes internos da arma de fogo. Fonte: Armas Boito (2016) .....	26
Figura 7 – Fotografia de um arcabuz. Fonte: Alves (2012) .....	27
Figura 8 – Raias destrógiras (esquerda) e raias sinistrógiras (direita). Fonte: Cartilha de armamento e tiro da SAT (2017).....	28
Figura 9 – Alguns tipos de calibre utilizados. Fonte: Alves (2012) .....	29
Figura 10 – Destaque das raias do canhão do carro de combate Royal Ordnance L7. Fonte: Baku (2005) .....	29
Figura 11 – Comparação entre os passos. Fonte: Gouveia (2004).....	30
Figura 12 – Ilustração da máquina <i>cut rifling</i> e do caminho a ser feito no cano por usinagem. Fonte: <i>American Precision Museum</i> (2010).....	31
Figura 13 – Máquina de forja fria circular utilizada no processo. Fonte: <i>Rifling</i> (2015) .....	31
Figura 14 – Esquema dos componentes da munição. Fonte: Alves (2012).....	32
Figura 15 – Expansão do projétil de acordo com a velocidade do mesmo. Fonte: Gupta, (2014).....	33
Figura 16 – Ilustração dos tipos de projétil para revólver e pistolas. Fonte: Alves (2012) .....	34
Figura 17 – Fotografia do tiro com destaque da ejeção dos cartuchos. Fonte: Instituto Defesa (2013).....	34
Figura 18 – Ilustração das geometrias dos estojos. Fonte: Instituto Defesa (2013) .....	35
Figura 19 – Gravuras das cinturas dos estojos. Fonte: Zanotta (1992) .....	35

Figura 20 – Estágios de conformação do estojo. Fonte: Norma (2011) .....	36
Figura 21 – Empuxo por tempo de acordo com o tipo de propelente. Fonte: Schlossmacher (2015) .....	37
Figura 22 – Tipos de geometria tridimensional da pólvora. Fonte: Mundo das armas (2017) .....	38
Figura 23 – Ilustração das espoletas Berdan e Boxer. Fonte: Passos e Neto (2003) .....	39
Figura 24 – Comparação entre os tipos de espoleta, sendo, da esquerda para direita, berdan, bateria e boxer. Fonte: Mundo das armas (2017).....	40
Figura 25 – Detalhes da espoleta do tipo bateria. Fonte: Cabana Sports (2018) ...	40
Figura 26 – Esquemas dos principais componentes envolvidos no disparo. Fonte: modificada, Rabello (1995) .....	40
Figura 27 – Reconstituição da cena do crime através de software computacional. Fonte: Albert Schade III (2012) .....	42
Figura 28 – Gravura ilustrativa o das marcas das raias em projétil. Fonte: Rabello (1995) .....	44
Figura 29 – Microscópio comparador Digital Vision. Fonte: ADN Criminalística (2010) .....	44
Figura 30 – Marcas na base de estojos sendo comparadas. Fonte: Revista Perícia Federal (2003) .....	45
Figura 31 - Comparação entre dois estojos diferentes com imagens geradas pelo ARSENAL. Fonte: autor.....	45
Figura 32 – Fotografia identificando a face da culatra e janela do pino percussor em uma pistola. Fonte: Santos (2015).....	46
Figura 33 – Ilustração do penetrador do tipo Vickers. Fonte: Lokilech (2012) .....	47
Figura 34 – Explicação da medida da rugosidade média ( $R_a$ ) de um material. Fonte: Josso (2002).....	48
Figura 35 – Explicação da medida do perfil da rugosidade ( $R_z$ ) de um material. Fonte: Josso (2002).....	48
Figura 36 – Ilustração da estrutura atômica de uma liga Cobre-Zinco, constituintes do latão. Fonte: Bhadeshia (2011).....	51
Figura 37 – Diagrama de fases da liga Cobre-Zinco, constituintes do latão. Fonte: Baker (2011) .....	52
Figura 38 – Corrosão e quebra causada em antigo cartucho de latão pela presença da amônia. Fonte: Luca (1999) .....	53
Figura 39 – Pressão interna e velocidade do projétil no cano em função da distância percorrida pelo projétil no cano. Fonte: Santos (2015) .....	54
Figura 40 – Sistema de identificação balística ARSENAL. Fonte: autor .....	55

Figura 41 – Suportes para escaneamento da lateral do estojo. Fonte: autor.....	56
Figura 42 – Suporte para escaneamento da base do estojo. Fonte: autor .....	56
Figura 43: Durômetro Zwick Roell ZH 250. Fonte: autor (2016) .....	57
Figura 44: Durômetro Zwick Roell ZH 250. Fonte: autor .....	57
Figura 45: Martelo para separação da munição. Fonte: autor .....	58
Figura 46: Rugosímetro Mitutoyo SJ-201. Fonte: autor.....	58
Figura 47 – Ícone de acesso ao arsenal. Fonte: autor.....	60
Figura 48 – Ícone de acesso ao escaneamento do sistema. Fonte: autor.....	60
Figura 49 – Layout do banco de dados do arsenal. Fonte: autor .....	60
Figura 50 – Janela de adição de caminho de objeto no banco de dados. Fonte: autor .....	61
Figura 51 – Menu da janela de escaneamento. Fonte: autor.....	62
Figura 52 – Digitalização do estojo. Fonte: autor .....	62
Figura 53 – Escaneamento da base do estojo. Fonte: autor.....	63
Figura 54 – Resultado do pré-processamento da lateral do estojo. Fonte: autor ...	63
Figura 55 – Resultado do pré-processamento da base do estojo. Fonte: autor.....	64
Figura 56 – Resultado final da digitalização da lateral do estojo. Fonte: autor .....	64
Figura 57 – Resultado final da digitalização da base do estojo. Fonte: autor.....	65
Figura 58 – Posicionamento do estojo invertido para análise da zona de estricção. Fonte: autor .....	65
Figura 59 – Áreas relevantes utilizadas na identificação da arma. Fonte: autor.....	66
Figura 60 – Principais ferramentas utilizadas no <i>encoding</i> no ARSENAL. Fonte: autor .....	67
Figura 61 – Marcas relevantes (A e B) na lateral de um estojo. Fonte: autor .....	67
Figura 62 – Exemplo de resultado de confronto realizado pelo sistema. Fonte: autor .....	68
Figura 63 – Representação de como é calculada a efetividade do sistema. Fonte: autor.....	71
Figura 64 – Representação da aproximação dos pontos para uma hipérbole. Fonte: autor.....	72
Figura 65 – Realização do ensaio de dureza em estojo. Fonte: autor .....	76
Figura 66 – Losango causado pelo penetrador no material. Fonte: autor.....	76
Figura 67 – Indicação do comportamento do índice de correlação de Pearson. Fonte: ABG Consultoria estatística (2017).....	79
Figura 68 – Resultados do sistema por configuração do calibre 9mm. Fonte: autor .....	82
Figura 69 – Resultado Geral para o calibre 9mm. Fonte: autor .....	82

Figura 70 – Resultados do sistema por configuração do calibre .40 pol. Fonte: autor .....	84
Figura 71 – Resultados do sistema por configuração do calibre .40 pol. Fonte: autor .....	84
Figura 72 – Resultados do sistema por configuração do calibre 5,56 mm. Fonte: autor .....	86
Figura 73 – Resultados geral do sistema do calibre 5,56 mm. Fonte: autor .....	86
Figura 74 – Resultados do sistema para o calibre 7,62x51 mm por distribuição acumulada. Fonte: autor .....	87
Figura 75 – Resultados do sistema para o calibre 7,62x39 mm por distribuição acumulada. Fonte: autor .....	88
Figura 76 – Resultados do sistema para o calibre 7,62 mm. Fonte: autor.....	88
Figura 77 – Médias das rugosidades Ra comparadas por estojo. Fonte: autor.....	89
Figura 78 – Médias das rugosidades Rz comparadas por estojo. Fonte: autor.....	90
Figura 79 – Médias das rugosidades Rq comparadas por estojo. Fonte: autor.....	91
Figura 80 – Resultados do sistema por configuração do calibre 9mm. Fonte: autor .....	92
Figura 81 – Pressão teóricas calculadas dos estojos estudados. Fonte: autor.....	93
Figura 82 – Gráfico de dispersão da efetividade pela pressão (MPa). Fonte: autor.....	95
Figura 83 – Gráfico de dispersão da efetividade pelo parâmetro Ra da rugosidade. Fonte: autor .....	96
Figura 84 – Gráfico de dispersão da efetividade pelo parâmetro Rz da rugosidade. Fonte: autor .....	97
Figura 85 – Gráfico de dispersão da efetividade pelo parâmetro Rq da rugosidade. Fonte: autor .....	98
Figura 86 – Gráfico de dispersão da efetividade pela dureza do estojo. Fonte: autor .....	99
Figura 87 - Marcas paralelas ao eixo central do cartucho causadas por câmara de combustão em estojo de calibre 7,62x51 mm. Fonte: autor .....	101
Figura 88 - Imagem feita no microscópio comparador das marcas presentes nas laterais de dois estojos de 7,62 mm disparados pela mesma arma. Fonte: autor .....	102
Figura 89 – Exemplo de resultado obtido pelo sistema por arma. Fonte: autor ...	121

# LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tipos de grãos de pólvora e suas características. Fonte: Cabana Sport (2018) .....	38
Tabela 2 – Exemplo de lista decrescente de semelhança resultante do sistema ARSENAL. Fonte: autor.....	70
Tabela 3 – Determinação do comprimento de amostragem para perfis aperiódicos, baseados no parâmetro Ra e Rz. Fonte: Costa (2010) .....	75
Tabela 4 – Dados fornecidos pela fabricante de munição. Fonte: CBC, 2012.....	77
Tabela 5 – Informações relevantes sobre as munições utilizadas. Fonte: CBC (2012) .....	78
Tabela 6 – Melhores respostas do sistema para o calibre 9mm. Fonte: autor.....	81
Tabela 7 – Melhores respostas do sistema para o calibre .40 pol. Fonte: autor .....	83
Tabela 8 – Melhores respostas do sistema para o calibre 5,56 mm. Fonte: autor ..	85
Tabela 9 – Melhores respostas do sistema para o calibre 7,62 mm (x51 e x39). Fonte: autor.....	87
Tabela 10 – Rugosidade Ra dos estojos estudados. Fonte: autor .....	89
Tabela 11 – Rugosidade Rz dos estojos estudados. Fonte: autor .....	90
Tabela 12 – Rugosidade Rq dos estojos estudados. Fonte: autor .....	90
Tabela 13 – Medições e resultados das durezas. Fonte: autor.....	91
Tabela 14 – Pressão teórica calculada dos estojos estudados. Fonte: autor .....	93
Tabela 15 – Quadro resumo da efetividade e dos parâmetros medidos. Fonte: autor .....	94
Tabela 16 – Comparação entre a pressão teórica do tiro e a efetividade do sistema. Fonte: autor .....	94
Tabela 17 – Comparação entre parâmetro Ra da rugosidade e a efetividade do sistema. Fonte: autor.....	95
Tabela 18 – Comparação entre parâmetro Rz da rugosidade e a efetividade do sistema. Fonte: autor.....	96
Tabela 19 – Comparação entre parâmetro Rq da rugosidade e a efetividade do sistema. Fonte: autor.....	97
Tabela 20 – Comparação entre a dureza da munição e a efetividade do sistema. Fonte: autor .....	98
Tabela 21 – Tabela resumo de correlação entre a efetividade e parâmetros mecânicos. Fonte: autor.....	99
Tabela 22 – Tabela resumo de correlação entre a efetividade e parâmetros mecânicos. Fonte: autor.....	100



Tabela 23 – Quadro resumo da efetividade e dos parâmetros medidos. Fonte: autor .....	102
Tabela 24 – Tabela resumo de correlação e força entre a efetividade e parâmetros mecânicos. Fonte: autor .....	103

# 1 INTRODUÇÃO

*Este capítulo apresenta as principais motivações do trabalho, problemas relacionados e objetivos a serem alcançados e a estrutura do trabalho de modo a facilitar o entendimento e localização.*

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E MOTIVAÇÃO

O Brasil é um dos países mais violentos do mundo na atualidade, chegando a uma média de 175 mortes por dia em 2017, o que equivaleria a 63880 mortes, o maior número desde 2013, segundo o Fórum Brasileiro de Segurança Pública.

Além do elevado número, há uma tendência de crescimento de 3% anual de acordo com a estimativa do mesmo fórum. Outras evidências, como do mapa da violência de 2010 mostram a evolução da taxa de mortalidade por 100 mil habitantes nas últimas três décadas, como ilustrado na figura 1. (WAISELFISZ, 2010)

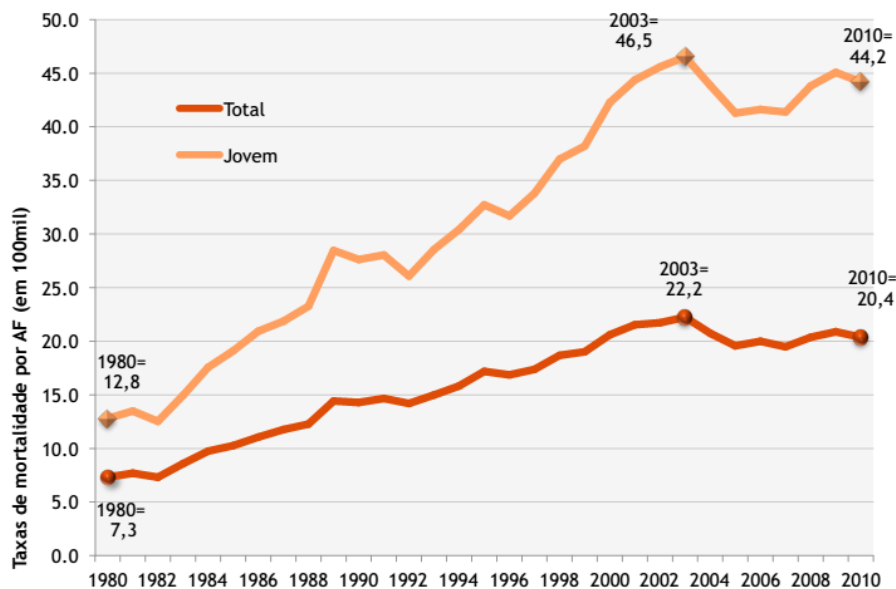


Figura 1 – Taxas de mortalidade em 100 mil habitantes por armas de fogo. Fonte: Waiselfisz (2010)

Conforme dados oficiais da Estratégia Nacional de Justiça e Segurança Pública, somente 6% dos homicídios dolosos (com intenção de matar) são solucionados no país, destes mais de 70% são ocasionados por armas de fogo, como mostrado na figura 2.

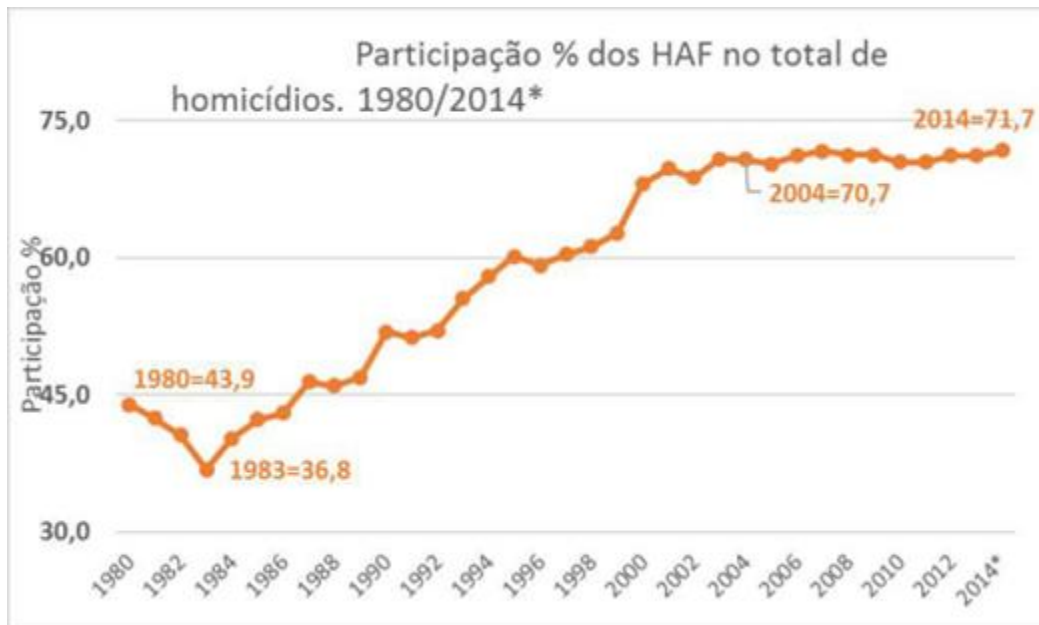


Figura 2 – Participação em % dos homicídios por arma de fogo até 2014. Fonte: Flacso Brasil (2014)

Tais dados indicam uma ampla margem para avanços que podem ser galgados através de desenvolvimento científico na área, aumentando a taxa de crimes solucionados e reduzindo o tempo para tal.

O ramo da ciência que lida com solução de crimes é o das Ciências Forenses, que ficam a cargo das forças policiais. As autoridades militares e rodoviárias trabalham com a vigilância ostensiva e fiscalização de modo a inibir ou atenuar crimes que possam ser cometidos. Já as investigações ficam sob responsabilidade dos Departamentos das Polícias Cíveis, Científicas e Federal no caso do Brasil.

Dentro da esfera das ciências forenses, a balística é a área de conhecimento que volta seus esforços para o estudo do tiro e de seus componentes e tenta identificar características e padrões que possam ser utilizados para identificar uma arma através de um confronto balístico. (HEARD, 2008)

Este é um procedimento forense em que o perito contrapõe duas amostras com ajuda de um microscópio comparador e verifica se estas apresentam marcas que indiquem terem sido disparadas pelo mesmo artefato. Dessa forma pode-se averiguar a utilização da arma no crime em questão ou constatar a utilização do equipamento em outros eventos.

Com o avanço da violência do país e pela grande utilização de armas de fogo, a demanda por esses procedimentos se tornou tamanho que não há mais a possibilidade de realizar um confronto manual para cada novo objeto suspeito encontrado em algum crime. Por esse motivo,

em todo o mundo, está sendo integrado conhecimentos de banco de dados automatizados nos sistemas de identificação balística. Dessa maneira confrontos seriam realizados de modo automático toda vez que um novo artefato fosse adicionando no sistema, já retornando como *output* os resultados do confronto e possíveis resultados positivos.

## 1.2 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Um dos problemas da identificação balística é a grande quantidade de conteúdo questionado e de referência a ser processado, tornando-o muito oneroso em termos de tempo. Outro é a impossibilidade de comparação dos itens sem que haja razoável suspeita para realizar a comparação.

Conforme Santos (2015), vários sistemas de identificação automatizados estão sendo implementados pelo mundo. Estes realizam uma tomada de fotos de alta resolução e precisão dos elementos de munição e os inserem em um banco de dados. Quando um novo item encontrado é adicionado ao sistema, já se inicia a comparação com os demais existentes no banco, possibilitando relacionar o elemento de referência, com outros previamente armazenados, caso haja relação.

Todavia ainda são sistemas muito imprecisos que não garantem a correta identificação como desejado, sendo necessária a verificação de um perito. Além disso, por ser uma tecnologia recente os bancos de dados ainda são muito defasados, principalmente no Brasil. (SANTOS, 2018)

Com os grandes e rápidos avanços na área de automação, constantes esforços são empregados com o objetivo de aumentar a eficiência do sistema e permitir que novos e antigos casos sejam solucionados.

Conforme exposto por Heard (2008), uma das formas de se correlacionar estojo de munição com a arma em que foi deflagrada é através de marcas deixadas em sua base. Mas além disso existe a possibilidade, pouco explorada, de se utilizar marcas impressas na lateral do cartucho quando de sua expansão na câmara de combustão. Prova disso é que em disparos de maior calibre, como no calibre 7,62mm, as marcas da câmara de combustão ficam visíveis à olho nu.

A influência do material do estojo pode estar relacionada com a dureza do material e sua resistência à deformação plástica ou rugosidade com baixa aderência, dificultando a impressão de marcas de qualidade para identificação. Por último é a pressão que indica com que força o estojo é empurrado contra a parede da câmara de combustão.

Esses três parâmetros (dureza, rugosidade e pressão) combinados podem estar diretamente relacionados com as marcas que aparecem no estojo e influenciarem os resultados do sistema de confronto.

### **1.3 OBJETIVO**

Este projeto tem por objetivo, através de conhecimentos de ciência dos materiais e mecânica, relacionar a efetividade de um sistema de identificação balística com as propriedades do material que compõe o estojo e o tiro da munição.

Com essa informação, será possível utilizar no banco somente o tipo de munição que apresentar o melhor resultado, poupando tempo e trabalho das forças policiais. Além disso, informações relevantes sobre os cartuchos serão produzidas, de modo que poderão ser utilizadas em outros trabalhos correlatos e novos caminhos para o aperfeiçoamento da utilização de bancos de dados poderão ser traçados para a área de segurança.

### **1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO**

Este projeto está dividido em oito grandes produções, sendo elas:

1. Introdução
2. Revisão Bibliográfica
3. Equipamentos e Utilitários
4. Procedimentos
5. Resultados
6. Discussão
7. Conclusões
8. Referências
9. Anexos

Na introdução são abordados os aspetos do problema em si, identificando suas motivações e desafios a serem superados para avanço da ciência e conseqüente benefício para a sociedade.

A revisão bibliográfica aborda todos os conteúdos que foram bases para a construção do conhecimento abordado neste projeto. Passando de aspectos mais gerais da engenharia mecânica como dureza e rugosidade a especificidades das atividades de perito em ciências forenses.

Na seção de equipamentos e utilitários são apresentados todos os aparatos que foram utilizados, de maquinários a softwares, de modo a garantir a repetitividade dos experimentos e

reprodutibilidade em outras ocasiões. Estes cedidos pelo esforço em conjunto da Universidade de Brasília e Polícia Federal.

Os procedimentos são o complemento da seção de equipamentos, demonstrando as operações executadas e descrição de alguns detalhes do processo também e prol da reprodutibilidade e repetitividade. Dependendo da especificidade do equipamento, mais detalhes sobre o mesmo foram apresentados nos anexos de modo a complementar suas características e processos.

Na seção de resultados são demonstradas as diversas planilhas, gráficos e tabelas que foram obtidas através dos procedimentos executados nos equipamentos. Estes foram a matéria bruta para a próxima seção.

As discussões retratam as principais inferências que puderam ser obtidas através de uma detalhada análise e comparação dos dados obtidos. É onde os conhecimentos de ciência e estatística são utilizados para depurar aquilo que tem valor.

A conclusão sintetiza os resultados e descobertas feitos neste trabalho, indicando problemas encontrados e novos caminhos a serem seguidos em novos projetos. Serve de resumo e comparação com o objetivo de forma a validar as buscar do projeto.

As referências são dedicadas aos autores e fontes utilizadas para corretamente embasar os estudos e atividades adotados neste projeto, possibilitando consultas e atribuindo os devidos créditos a quem for cabível.

Os anexos, última seção deste relatório, são utilizados para complementar informações ou detalhar procedimentos e resultados que no meio do relatório não ficariam claros e poderiam quebrar o ritmo da leitura. Por isso são postos de maneira separada de modo a servirem de material de consulta para este projeto e outros trabalhos.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

*Este capítulo aborda todos os conteúdos que foram bases para a construção do conhecimento abordado neste projeto.*

### 2.1 ARMAS DE FOGO

Uma arma de fogo é um artefato que lança projéteis em alta velocidade através de uma ação pneumática provocada pela expansão de gases resultantes da queima de um propelente. (HEARD, 2008)

Estes equipamentos, juntamente com as munições, envolvem amplo conhecimento de sistemas mecânicos na análise dos componentes em si; mecânica dos fluidos para descrição do voo do projétil e das partículas de pólvora; mecânica dos materiais e do contato para identificar as marcas que surgem nos componentes, entre outros aspectos.

Por isso o estudo detalhado dos processos do tiro e da fabricação da arma, principalmente sob um aspecto das ciências mecânicas, são fundamentais para compreender como as marcas, que serviram para identificação da arma, são produzidas.

As armas possuem sistemas de fogo, expressão essa que se refere tanto à disposição da mistura detonante no estojo quanto ao tipo de trajetória do projétil ao abandonar o cano.

Quando referente à disposição da mistura detonante no cartucho:

- Fogo central: A mistura detonante está disposta em uma cápsula chamada de espoleta, fixada no centro da base do estojo.
- Fogo circular: A mistura detonante é disposta dentro de um aro circulando a base do estojo.

Quando se refere a trajetória do tiro, pode ser:

- Tenso: quando o arco parabólico da trajetória do projétil é muito baixo, com ângulo de tiro inferior a 45°, tendendo a uma reta. Requer, normalmente, uma linha de visada desobstruída. Exemplos são os tiros de pistola, fuzil, e a maioria das armas de porte.
- Oblíquo: Caracterizado pelo arco parabólico da trajetória acentuado, com ápice muito bem definido e ângulo de tiro superior a 45°. Não requer linha de visada direta. São exemplos os fogos de artilharia, morteiros e obuses.

Os principais componentes externos de uma arma de fogo, que são comuns a maioria dos equipamentos, estão evidenciados na figura 3.



Figura 3 – Indicação dos principais componentes externos de uma arma de fogo. Fonte: Cartilha de armamento e tiro da SAT (2017)

Conforme o Serviço de Armamento e Tiro (SAT) da Polícia Federal, as armas podem ser classificadas quanto ao tamanho, portabilidade, sistema de carregamento, funcionamento, sistema de acionamento e a alma do cano.

Quanto ao tamanho:

- Curta: podem ser manuseadas com qualidade sem apoio dos ombros.
- Longa: dimensão e peso solicitam o apoio dos ombros para correta utilização.

Quanto a portabilidade:

- De porte: dimensão e peso reduzido de modo a ser utilizado com qualidade por apenas uma mão.
- Portátil: armas que podem ser conduzidas por apenas um homem, mas que precisam de mais de uma mão para serem corretamente operadas
- Não portátil: não pode ser transportada por um único homem.

Quanto ao sistema de carregamento:

- Antecarga: carregamento é feito pela boca do cano.
- Retrocarga manual: carregamento pela parte posterior do cano, usando força física do atirador.
- Retrocarga automática: carregamento feito pela parte posterior do cano, mas sem intervenção humana, geralmente aproveitando energia do próprio tiro.



Quanto ao funcionamento:

- De repetição: cada disparo necessita de ação sobre o gatilho e sobre o carregamento da arma.
- Semiautomática: cada disparo necessita sobre o gatilho, mas o carregamento é feito de forma automática.
- Automática: a arma atua enquanto houver o dedo no gatilho.

Quanto ao sistema de acionamento:

- Ação simples: o acionamento leva a apenas uma ação, pois o cão é armado manualmente.
- Ação dupla: o acionamento do gatilho leva a armação do cão e conseqüente disparo. Não permite armamento do cão manualmente.
- Dupla ação: pode ser operado tanto por armamento do cão manualmente quanto por ação dupla.

Quanto a alma do cano:

- Lisa: interior do cano é polido, sem necessidade de precisão.
- Raiada (Figura 4): interior do cano possui sulcos helicoidais para forçar o projétil a uma rotação, garantindo maior precisão e estabilidade.
  - Destrógira: rotação à direita.
  - Sinistrógira: rotação à esquerda.

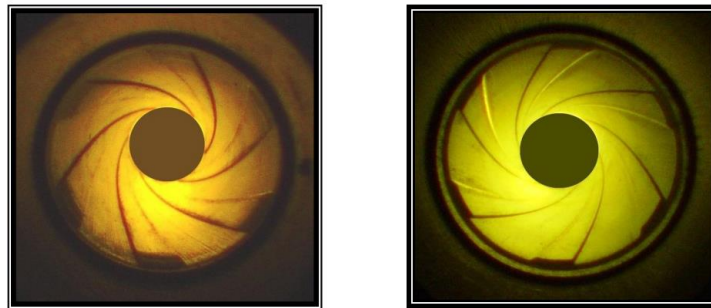


Figura 4 – Raias destrógiras (esquerda) e raias sinistrógiras (direita). Fonte: Cartilha de armamento e tiro da SAT (2017)

No interior da arma, além do cano, temos como principais componentes o ferrolho (*slide* em inglês), que é um conjunto de peças utilizadas para travar a culatra de algumas armas. Este pode servir de apoio para a agulha percutora (*firing pin* no inglês) e o extrator do estojo servido, que efetivamente segura o cartucho (Figura 6).

Estes componentes são muito relevantes para o contexto do trabalho porque são os principais responsáveis pelas marcas que são deixadas no estojo durante o tiro, que será detalhado em uma seção posterior. Alguns destes são demonstrados, em destaque, na figura 5.

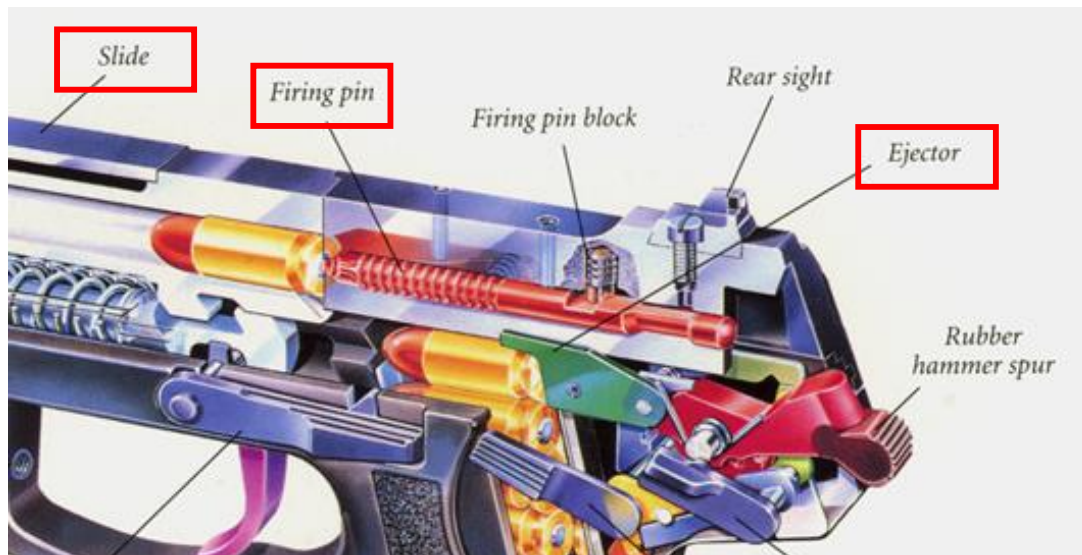


Figura 5 – Esquema dos componentes internos da arma de fogo. Fonte: Armas H&K USP (2015)

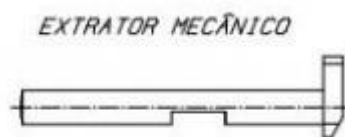


Figura 6 – Desenho dos componentes internos da arma de fogo. Fonte: Armas Boito (2016)

### 2.1.1 HISTÓRICO

De acordo com Santos (2015), o primeiro tipo de arma de fogo a ser conduzida pelo homem, tratava-se de um canhão composto por um pequeno cano de liga de ferro ou bronze, sustentado por uma armação de metal e couro. Seu carregamento ocorria a partir da própria boca do cano (antecarga), onde eram inseridos pólvora, bucha e o projétil. (SANTOS, 2015)

O disparo era feito através de um pavio, ou brasa na extremidade oposta à boca do cano, onde se encontrava uma carga de pólvora inicial, a qual gerava uma faísca ou chama, que se comunicava com a carga principal de pólvora, provocando a queima, e conseqüente expansão dos gases e conseqüente lançamento do projétil.

Há registros de seu uso nas civilizações ocidentais nos séculos XIII e XIV, pelo menos na forma em que podem ser consideradas como antecessoras dos canhões e morteiros modernos. Este tipo de arma foi utilizado por muito tempo e os principais avanços ocorreram na forma de gerar a faísca ou chama inicial de maneira mais prática. (RABELLO, 1995)

O arcabuz (Figura 7) bem como seu sucessor, o mosquete, foram armas manuais muito famosas e difundidas, mas funcionavam como descrito nos canhões manuais acima. O diferencial deles está na existência de um sistema de ignição, o fecho de mecha, que de certa forma facilitou a geração da chama iniciadora e o manuseio da arma.



Figura 7 – Fotografia de um arcabuz. Fonte: Alves (2012)

No mosquete por exemplo, a mecha era mantida em um gancho curvo aparafusado ao lado da armação, e seu basculamento levava a mecha queimando a ter contato com a carga de pólvora inicial. Estas armas se tornaram mais sofisticadas e o gancho assumiu uma forma de serpente. Eventualmente, a cauda da serpentina se alongou e esta peça pode ser vista como uma precursora dos gatilhos das armas modernas.

Os registros de uso desta arma são mais precisos, e aparecem em uma mesma época em que se registraram armas com um cano e várias câmaras que giravam em torno de um eixo (do inglês *revolving*), cada um com seu próprio sistema de mecha e carga iniciadora. (HEARD, 2008)

Sistemas mais autônomos foram sendo concebidos e tornaram o uso do fecho de mecha obsoleto. O fecho de roda e o fecho de miquelete, geravam uma faísca de uma pederneira por meio de atrito, e diminuíram consideravelmente o tempo gasto para se produzir um disparo, permitindo os fatores surpresa e emboscada.

O próximo grande avanço nas armas de fogo foi ao se revolucionar o modo de deflagração da pólvora, utilizando-se um composto sintetizado em 1800 muito sensível ao impacto, que quando detonado gerava uma chama capaz de iniciar a queima da pólvora, o fulminato de mercúrio. (BECK, 2008)

Primeiramente estas cápsulas eram externas à arma e separadas da pólvora, e uma forma de ignição muito famosa ocorria por meio de um pino lateral. Depois se tornaram parte do cartucho de munição, e constituíram parte fundamental para o estabelecimento do que se tornariam a forma de disparo da maioria das armas modernas, o sistema de fogo central.

O uso destes cartuchos metálicos com todos os elementos da munição, tornou possível também outro avanço, que tornou as armas instrumentos mais precisos, o raiamento do cano. Santos (2018) destaca que essa mudança contribuiu para a evolução da antecarga para a retrocarga, uma vez que o projétil teria que apresentar um diâmetro ligeiramente maior que o diâmetro interno do cano, como será melhor detalhado nas seções a seguir.

### 2.1.2 CALIBRE

Segundo a SAT, o calibre do cano em armas de alma lisa é o diâmetro do próprio cano, já nas armas de cano com alma raiada, deve-se fazer uma diferenciação entre calibre real, calibre do projétil e calibre nominal.

O calibre é a medida do diâmetro da parte interna do cano de uma arma, tomando como base entre os cheios. É expresso em milímetros ou em fração de polegada. O calibre do projétil é a medida do diâmetro interno do cano de uma arma raiada, medido entre sulcos das raia (Figura 8).

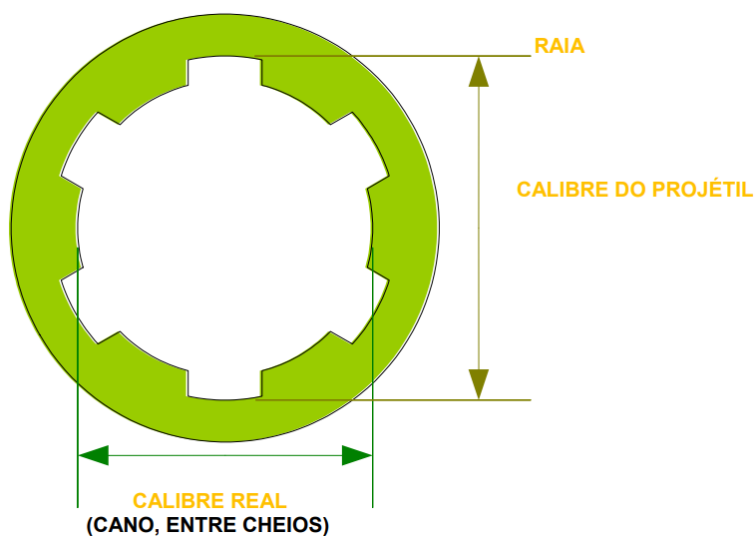


Figura 8 – Raia destrógira (esquerda) e raia sinistrógira (direita). Fonte: Cartilha de armamento e tiro da SAT (2017)

O calibre nominal é a dimensão usada para definir ou caracterizar um tipo de munição ou arma designado pelo fabricante, nem sempre tendo relação com o calibre real ou do projétil. É expresso em milímetros ou frações de polegada (centésimos ou milésimos) e é utilizado para designar comercialmente uma determinada classe de munições.

Os calibres utilizados comercialmente, por polícias e em guerras são os mais diversos em tamanhos e massas (Figura 9).



Figura 9 – Alguns tipos de calibre utilizados. Fonte: Alves (2012)

### 2.1.3 RAIAMENTO

A maioria das armas de fogo modernas (com a exceção das armas de alma lisa) tem canos raiados (ranhuras internas espiraladas), como fotografado na figura 10. O estriamento é o processo pelo qual ranhuras helicoidais no cano de uma arma ou arma de fogo conferem uma rotação a um projétil em torno do seu eixo mais longo. Esse giro serve para estabilizar o projétil giroscopicamente, melhorando sua aerodinâmica, estabilidade e precisão. (SMITH, 2013)



Figura 10 – Destaque das raias do canhão do carro de combate Royal Ordnance L7. Fonte: Baku (2005)

O estriamento é descrito frequentemente pela sua taxa de torção, o que indica a distância que o projétil deve percorrer para completar uma volta completa, como por exemplo, "1 volta em

10 polegadas" (1:10"), ou "1 volta em 254 milímetros" (1:254 mm). A distância mais curta indica um toque "mais rápido", o que significa que, para uma dada velocidade do projétil será girando a uma maior taxa de rotação.

A combinação de tamanho, peso e forma de um projétil determina a taxa de torção necessária para estabilizá-lo. Tambores destinados a curtos diâmetros, como projéteis com esferas de chumbo necessitam uma taxa de torção menor, tal como 1:48" (122 cm). Tambores destinados a canos longos e projéteis de pequeno diâmetro usam taxas de torção 1:8" (20 cm) ou maiores.

Em alguns casos, o estriamento terá taxas de torção que aumentam ao longo do comprimento do cano, chamados de "torção com ganho" ou "torção progressiva", resultando em um passo misto, visível na figura 11. Uma taxa de torção, que diminui a partir da culatra até o fim do cano é indesejável, uma vez que não há confiança de estabilizar o projétil enquanto em movimento.

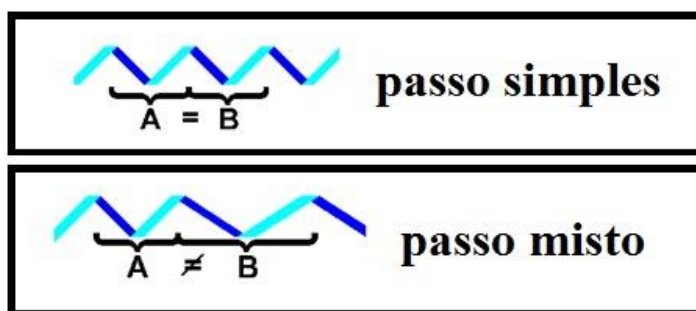


Figura 11 – Comparação entre os passos. Fonte: Gouveia (2004)

Projéteis extremamente longos, podem exigir taxas de torção impraticavelmente elevadas e por estes projéteis serem inerentemente estáveis, muitas vezes são disparados de canhões.

Existem três tipos de processos de fabricação de canos de arma de fogo, todos eles partem do mesmo ponto, uma barra de ferro cilíndrica maciça que recebe um furo central na medida do calibre real, ou menor dependendo do processo. Após isso o furo é calibrado com uma broca que tem formato de “V” para que fique na medida exata do calibre real. Com isso, os processos de confecção do raiamento podem ser por usinagem, brochamento por bilha ou martelamento a frio. (GOUVEIA, 2004)

Na usinagem, o processo é feito por uma máquina chamada de *cut rifling* (Figura 12), que introduz uma navalha no cano até a extremidade oposta ao mesmo tempo em que gira a ferramenta no passo de raia que será confeccionado. Neste processo cada raia é confeccionada por vez, em seguida a máquina gira o cano para a posição da raia seguinte e o procedimento se repete. Apesar de tal processo ser mais demorado que os demais e ter maior risco de apresentar imperfeições, ele tem como vantagem o custo mais baixo quando comparado com outros métodos.

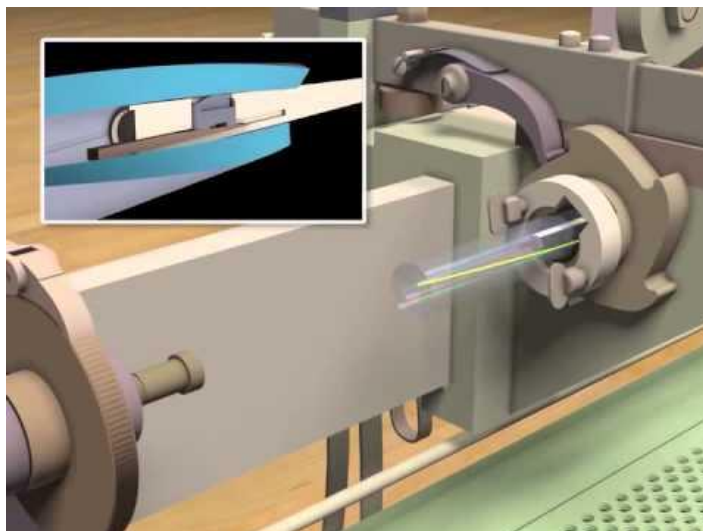


Figura 12 – Ilustração da máquina *cut rifling* e do caminho a ser feito no cano por usinagem.

Fonte: *American Precision Museum* (2010)

O brochamento por bilha é muito similar ao de usinagem, mas neste processo a ferramenta já possui a geometria desejada e o próprio cano é girado enquanto passa pela brocha. Não há neste processo retirada de material e as ferramentas usadas para produzir as raias não sofrem afiação, pois uma vez que apresentam desgaste são inutilizadas e substituídas por novas. Este processo é mais preciso e mais rápido, sendo usado para fazer canos de armas de competição. As raias feitas desta forma não tem cantos tão vivos quanto os produzidos por usinagem, por este motivo sofrem menos desgaste o que garante maior durabilidade do cano.

O processo de martelamento a frio é o mais caro e consiste em introduzir uma ferramenta no cano cuja superfície externa tem o formato contrário do desejado. Após isso, uma máquina martela o cano em todas as direções em uma alta frequência e com uma elevada pressão, levando à conformação mecânica (Figura 13). O resultado é uma alta precisão dimensional, polidez, livre de arranhões e sem a necessidade de operações posteriores de acabamento.



Figura 13 – Máquina de forja fria circular utilizada no processo. Fonte: *Rifling* (2015)

## 2.1.4 MUNIÇÃO

Munição é o conjunto do aparato que é utilizado para o disparo da arma, sendo o primeiro componente o cartucho, que é um tubo oco, geralmente de metal, com um propelente no seu interior. Na sua parte aberta fica preso o projétil e na sua base encontra-se o elemento de iniciação. Este tubo, chamado estojo, além de unir mecanicamente as outras partes do cartucho, tem formato externo apropriado para que a arma possa realizar suas diversas operações, como carregamento e disparo. Estes componentes são visíveis na figura 14.



Figura 14 – Esquema dos componentes da munição. Fonte: Alves (2012)

O projétil é uma massa, que é arremessada à frente quando há a detonação da espoleta e consequente queima do propelente. É a única parte do cartucho que passa pelo cano da arma e atinge o alvo.

Para arremessar o projétil é necessária uma grande quantidade de energia, que é obtida pelo propelente, durante sua queima. O propelente utilizado nos cartuchos é a pólvora, que, ao queimar, produz um grande volume de gases, gerando um aumento de pressão no interior do estojo, suficiente para expelir o projétil.

Como a pólvora é relativamente estável, isto é, sua queima só ocorre quando sujeita a certa quantidade de calor; o cartucho dispõe de um elemento iniciador, que é sensível ao atrito e gera energia suficiente para dar início à queima do propelente. O elemento iniciador geralmente está contido dentro da espoleta.

Projéteis bélicos podem ser disparados sem o uso de propelentes químicos, através de impulsão eletromagnética

O diâmetro da bala é medido como uma fração de polegada (geralmente em 1/100 ou 1/1000) ou em milímetros. O comprimento do estojo do cartucho também pode ser designado em polegadas ou milímetros. (SAAMI, 2012)



### 2.1.4.1 PROJÉTIL

Projétil é qualquer sólido pesado que se move no espaço após o recebimento do impulso. Quando a queima da pólvora produz gases, o projétil, geralmente de chumbo em forma de ogiva, é acelerado a grande velocidade para fora da arma.

O projétil expansivo é ponta oca e riscos na parte de fora. Quando ele encontra um objeto aquoso ou gelatinoso como um órgão animal, abre como se fosse uma flor, fazendo uma verdadeira cratera dentro do alvo. O dano é tão grande que seu uso é proibido em guerras.

O projétil encamisado tem um revestimento de cobre, náilon ou outro material que deslize pelo cano da arma melhor que o chumbo, resultado em um tiro que sai com mais velocidade e mais preciso.

O projétil traçante tem uma pequena quantidade de fósforo na base ou na ponta do projétil que se incendeia a quando da combustão da pólvora ou devido ao atrito com o ar deixando um rastro luminoso visível a olho nu na escuridão. Muito utilizado em tiros noturnos e na correção de trajetórias.

No projétil explosivo, a carga líquida contida no interior, normalmente mercúrio ou glicerina, se expande com o impacto e o projétil se fragmenta como uma granada, podendo causar ferimentos em um raio de até 20 centímetros a partir do ponto de impacto.

Já os tipos de tipos de pontas (Ogivas) são o ogival, para uso geral comum, tendo boa penetração e pouca expansão; O canto-vivo, de uso exclusivo para tiro ao alvo, tendo carga reduzida; O semi canto-vivo, também para uso geral; O ogival ponta plana e o cone truncado, sendo muito usados no tiro prático (IPSC) por provocarem menor número de travamentos com a pistola; E, por fim, a ponta oca, sendo capaz de aumentar de diâmetro ao atingir um alvo humano (expansivo), produzindo assim maior destruição de tecidos, como mostrado na figura 15.



Figura 15 – Expansão do projétil de acordo com a velocidade do mesmo. Fonte: Gupta, (2014)

Os tipos de projétil interferem, principalmente no voo e no impacto do mesmo, além de definir quais geometrias e materiais estão envolvidos, sendo importantes para identificar as marcas nos artefatos encontrados. Estes tipos estão resumidos na figura 16.

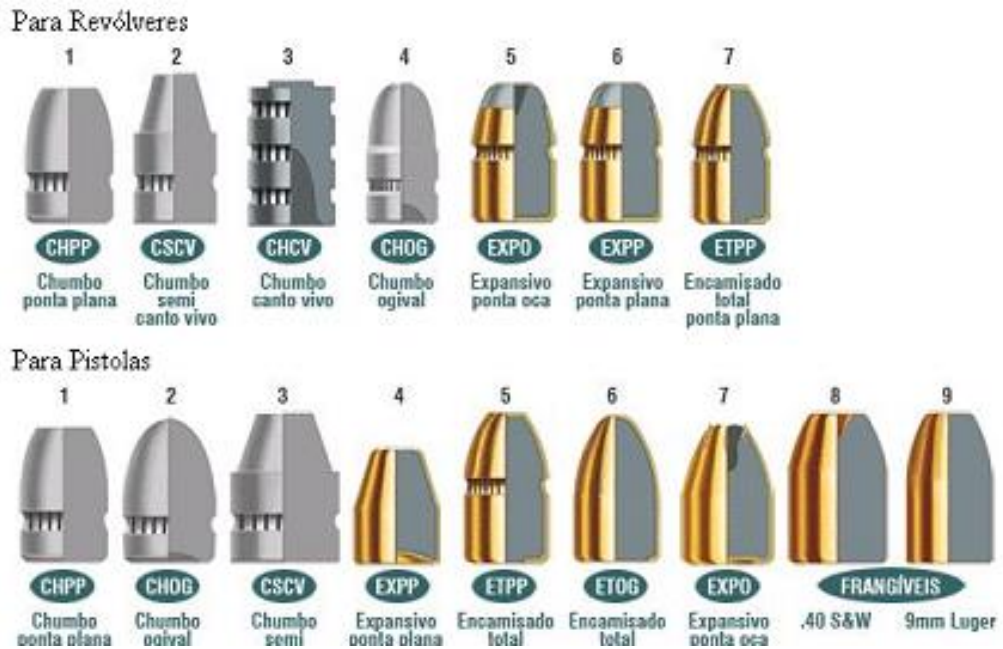


Figura 16 – Ilustração dos tipos de projétil para revólver e pistolas. Fonte: Alves (2012)

#### 2.1.4.2 ESTOJO

O estojo é o elemento da munição responsável pelo suporte do projétil da espoleta em sua estrutura e pelo armazenamento do propelente que terá sua energia química convertida em energia cinética do projétil. Vale ressaltar que este não é arremessado juntamente com o projétil, permanecendo na arma e sendo removido de forma automática ou manual (Figura 17).



Figura 17 – Fotografia do tiro com destaque da ejeção dos cartuchos. Fonte: Instituto Defesa (2013)

O cartucho possui três principais geometrias, que são a cilíndrica, cujo diâmetro é constante ao longo do comprimento, a cônica, cujo diâmetro sutilmente diminui ao longo do

comprimento, e a garrafa, que possuem um estrangulamento próximo ao bocal onde o projétil fica alojado.

A geometria está intimamente relacionada com a quantidade de propelente que se deseja armazenar e com o alcance do tiro. Estojo do tipo garrafa valorizam mais o alcance e a precisam, armazenando mais propelente para o calibre do projétil. O cilíndrico contém menos pólvora e maior calibre, tornando o tiro mais útil no curto alcance, por esse motivo sendo mais utilizado em revólveres. O cônico seria o meio termo entre ambas geometrias, sendo utilizado principalmente em pistolas e algumas metralhadoras (Figura 18).



Figura 18 – Ilustração das geometrias dos estojos. Fonte: Instituto Defesa (2013)

Além da geometria, outro fator importante é o formato da base, que é crucial para o procedimento de ejeção da arma, definindo a forma de ação do extrator.

A base pode ser com aro, que permite o travamento do estojo na arma; Com semi-aro, consistindo em um ressalto de pequenas proporções com uma ranhura, para encaixe do extrator; Sem aro, onde a base apresenta o mesmo diâmetro do corpo do estojo, tendo apenas a ranhura para encaixe do extrator; Rebatido, onde a base tem diâmetro menor que o corpo do estojo; Cinturado, que apresenta um aro de maior diâmetro que a base, situado logo à frente dessa, empregado em cartuchos com maior energia, aumentando os pontos de apoio na câmara (Figura 19).



Figura 19 – Gravuras das cinturas dos estojos. Fonte: Zanotta (1992)

O estojo é feito a partir de pequenos copos, geralmente de latão, que são aquecidos e posteriormente submetidos a pulsões em matrizes que os fazem tomar a forma desejada. Os estágios do material são mostrados na figura 20.

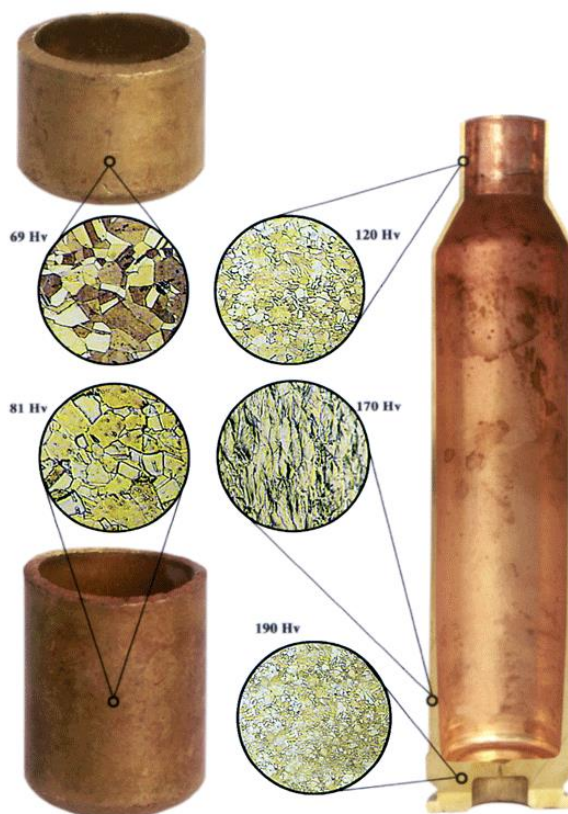


Figura 20 – Estágios de conformação do estojo. Fonte: Norma (2011)

O recipiente da esquerda superior da figura 20 é o formato original da munição. Após atingir o formato final, o estojo é lavado de modo a retirar as regiões oxidadas e este pode passar por um reaquecimento e novo tratamento térmico de modo a atender às necessidades de utilização do estojo. (STARLINE BRASS, 2013)

### 2.1.4.3 PROPELENTE

Propelente é um material que pode ser usado para mover um objeto aplicando uma força, podendo ou não envolver alguma reação química. O material pode ser constituído de gás, líquido ou plasma e antes de uma reação, um sólido.

No contexto de armas de fogo, a carga de projeção é a fonte de energia química capaz de arremessar o projétil a frente, imprimindo-lhe grande velocidade. A energia é produzida pelos gases resultantes da queima do propelente, que possuem volume muito maior que o sólido

original. O rápido aumento de volume de matéria no interior do estojo gera grande pressão para impulsionar o projétil.

No caso de munições, o processo de queima subsônica é tecnicamente conhecido como deflagração, em oposição a combustão supersônica conhecida como detonação. Essa queima, apesar de mais lenta que a velocidade dos explosivos, gera pressão suficiente para causar danos na arma, mas isso não ocorre devido ao destacamento do projétil, consumindo grande parte da energia produzida enquanto avança pelo cano.

Atualmente, o propelente usado nos cartuchos de armas de defesa é a pólvora química ou pólvora sem fumaça (como a cordite). Desenvolvida no final do século passado, substituiu com grande eficiência a pólvora negra, que hoje é usada apenas em velhas armas de caça e réplicas para tiro esportivo. A pólvora química produz pouca fumaça e muito menos resíduos que a pólvora negra, além de ser capaz de gerar muito mais pressão, com pequenas quantidades.

Dois tipos de pólvoras sem fumaça são utilizados atualmente em armas de defesa:

- Pólvora de base simples: fabricada a base de nitrocelulose, gerando menos calor durante a queima e aumentando a durabilidade da arma.
- Pólvora de base dupla: fabricada com nitrocelulose e nitroglicerina, tendo maior conteúdo energético.

O uso de ambos tipos de pólvora é muito difundido e a munição de um mesmo calibre pode ser fabricada com um ou outro tipo. Além disso, a pólvora pode ser produzida em diversas geometrias que influenciam no tempo de queima da mesma. A figura 21 demonstra a caracterização do empuxo pelo tipo de grão utilizado, sendo a área do gráfico corresponde ao impulso do projétil.

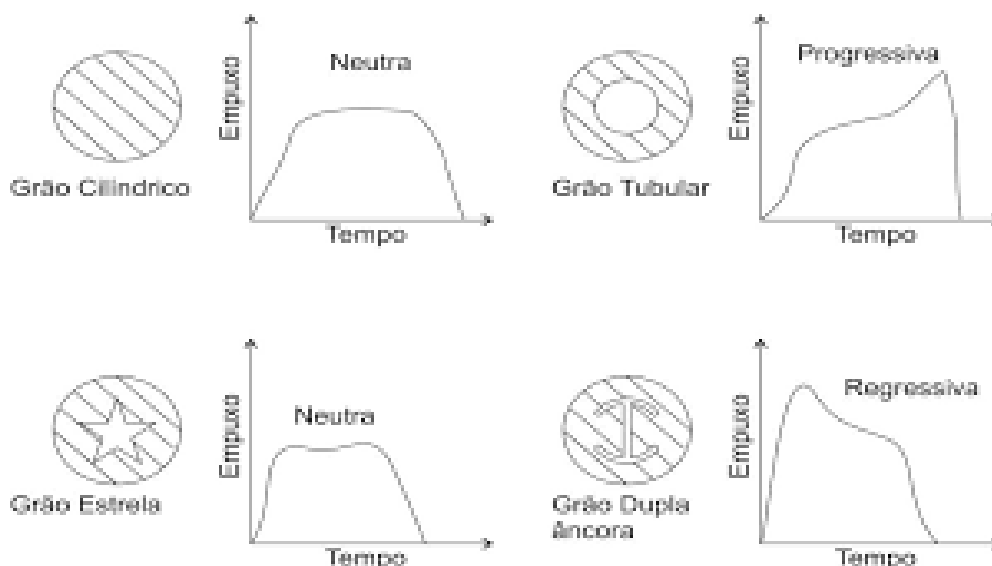


Figura 21 – Empuxo por tempo de acordo com o tipo de propelente. Fonte: Schlossmacher (2015)

Além da geometria bidimensional ser importante a tridimensionalidade também afeta o comportamento do tiro, sendo as principais conformações vistas na figura 22 e suas características na Tabela 1.

Tabela 1 – Tipos de grãos de pólvora e suas características. Fonte: Cabana Sport (2018)

Pólvora	Grão				Densidade gravimétrica nominal - g/l	Tempo de combustão milissegundo
	Formato	Diâmetro mm	Espessura mm	Comprimento mm		
102	Tubular Monoperfurado	0,70	-	1,30	900 ± 30	1,75
124	Tubular Monoperfurado	1,20	-	2,30	930 ± 30	2,40
126	Tubular Monoperfurado	0,70	-	1,30	900 ± 30	2,20
128	Tubular Monoperfurado	1,00	-	1,60	900 ± 30	2,30
207	Disco Compacto	0,70	0,15	-	670 ± 30	0,75
210	Disco Compacto	0,70	0,15	-	670 ± 30	0,85
216	Disco	0,95	0,45	-	550 ± 30	0,35
219	Disco	0,90	0,45	-	570 ± 30	0,40
220	Disco Compacto	0,70	0,15	-	670 ± 30	0,95
221	Disco Compacto	0,70	0,15	-	670 ± 30	0,74



Figura 22 – Tipos de geometria tridimensional da pólvora. Fonte: Mundo das armas (2017)

#### 2.1.4.4 ESPOLETA

A espoleta (*primer* no inglês) é um reservatório que contém a mistura detonante e uma bigorna, utilizado em munição para armas de fogo. A mistura detonante é um composto de fácil queima, bastando o atrito gerado pelo amassamento da espoleta contra a bigorna provocada pelo percussor para a incendiar. A queima dessa mistura gera calor, que passa para o propelente, através de pequenos furos no estojo, chamados eventos.

Os tipos mais comuns de espoletas são:

- Boxer: muito usada atualmente, tem a bigorna presa à espoleta e utiliza apenas um evento central, facilitando a retirada da espoleta do estojo, na recarga;
- Berdan: utilizada principalmente em armas de uso militar, a bigorna é um pequeno ressalto no centro da base do estojo estando à sua volta dois ou mais eventos;
- Bateria: utilizada em cartuchos de caça, tem a bateria incorporada na espoleta de forma a ser impossível cair, facilitando o processo de recarga do estojo.

A espoleta Boxer caracteriza-se por possuir uma bigorna montada dentro da cápsula que contém a mistura iniciadora. A bigorna dá apoio ao percussor da arma, que comprime a cápsula e esmaga a mistura, provocando chamas que passam pelo evento do estojo. Dessa forma, tem início a queima da pólvora. A espoleta tipo Boxer é montada no bolso dos estojos de tipo do mesmo nome, o qual não possuem bigorna (Figura 23).

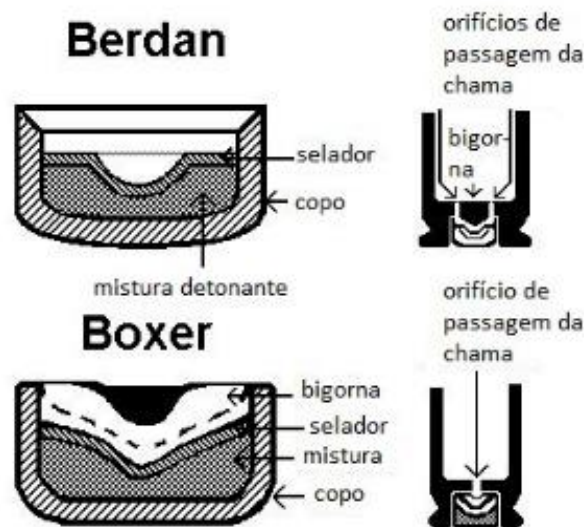


Figura 23 – Ilustração das espoletas Berdan e Boxer. Fonte: Passos e Neto (2003)

A espoleta Berdan é constituída por uma cápsula com a mistura e com bigorna externa. Sua iniciação ocorre no momento em que o percussor da arma comprime a cápsula e esmaga a mistura contra a bigorna existente no estojo.

A espoleta do tipo Bateria caracteriza-se por ser constituída por cápsula, bigorna e estojo próprio com evento, sendo de maior tamanho e impedindo que a espoleta caia com tanta facilidade. Por esse motivo, a espoleta tipo Bateria é montada no bolso dos cartuchos de caça que são preenchidos com pólvora manualmente. A figura 24 demonstra a diferença de tamanho entre elas e a 25 demonstra a espoleta bateria em detalhes.



Figura 24 – Comparação entre os tipos de espoleta, sendo, da esquerda para direita, berdan, bateria e boxer. Fonte: Mundo das armas (2017)

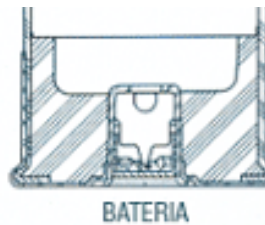


Figura 25 – Detalhes da espoleta do tipo bateria. Fonte: Cabana Sports (2018)

### 2.1.5 TIRO

Quando o gatilho é acionado, um mecanismo leva ao movimento do martelo mecanicamente ou através da liberação de energia potencial acumulada. Este bate na parte anterior do percutor, que transmite energia do martelo para a munição através de um diâmetro muito menor, sendo suficiente para causar a ignição da espoleta. Estes componentes são indicados na figura 26, onde 1 representa o gatilho, 2 o martelo e 3 o percutor.

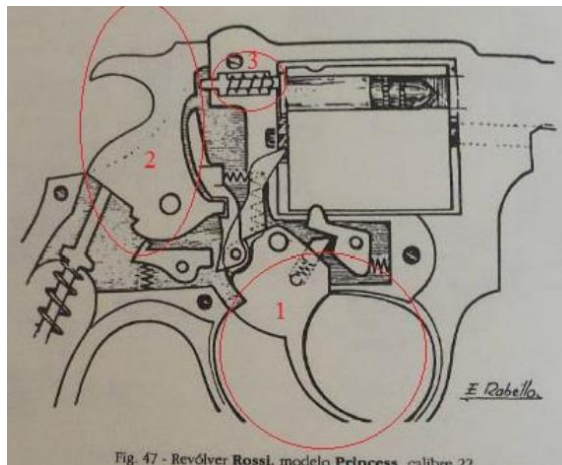


Figura 26 – Esquemas dos principais componentes envolvidos no disparo. Fonte: modificada, Rabello (1995)



Esta ignição leva tanto ao movimento do projétil quanto o recuo do ferrolho em armas semiautomáticas e automáticas, que traz o cartucho segurado pelo extrator até o ejetor que empurra o cartucho vazio para fora da arma.

A pressão na câmara é uma composição entre os gases produzidos na queima e o espaço disponível de acordo com o movimento do projétil. O empuxo por sua vez é a pressão instantânea multiplicado pela área do projétil que varia de acordo com o tipo de propelente e a área da base do estojo.

Com esta detonação, que pode chegar à temperatura de 2000°C, inicia-se a queima da pólvora no interior do estojo. O confinamento dos gases leva a um rápido aumento da pressão que acelera mais ainda a queima da pólvora, levando a uma reação em cadeia que leva ao rompimento da inércia do projétil e seu desprendimento do estojo.

Esta mesma pressão é responsável pelo recuo da arma, e é especificada no manual do fabricante (*manufacturers' published figures*), podendo chegar a 96,53 MPa para o caso do calibre 11,43 mm (0,45 polegadas). A pressão no cano é responsável pela impulsão do projétil e consequente velocidade final. Se a arma possuir alguma falha, essa altíssima pressão pode levar ao rompimento e consequente perigo ao atirador.

## 2.2 CIÊNCIAS FORENSES

A Ciência Forense é uma área interdisciplinar que envolve diversas ciências exatas, biológicas e sociais. Seu objetivo é dar suporte às investigações relativas à justiça civil e criminal. Em investigações de crimes, o foco principal do profissional forense é confirmar a autoria ou descartar o envolvimento dos suspeitos. (SEBASTIANY, 2012)

As técnicas empregadas permitem que seja possível identificar, se uma pessoa, por exemplo, esteve ou não na cena do crime a partir de uma impressão digital, ou então um fio de cabelo encontrado; Saber se alguma arma foi utilizada de acordo com marcas de pólvora ou marcas nos componentes da munição; Entre outros exemplos.

Atualmente o principal *output* das atividades forenses é a reconstituição da cena e do ato do crime. Este é feito através de objetos e indícios encontrados que servem de base para inferências que remontam a situação, muitas vezes demonstrado em softwares de computador, como mostrado na figura 27.



Figura 27 – Reconstituição da cena do crime através de software computacional. Fonte: Albert Schade III (2012)

A área de ciências forenses é dividida nas seguintes áreas:

- Antropologia forense
- Fonoaudiologia forense
- Computação Forense
- Biologia forense
  - Bioquímica forense
  - Botânica forense
  - Entomologia forense
  - Genética forense
  - Hematologia forense
  - Histologia forense
- Geologia Forense
- Enfermagem forense
- Medicina forense
- Odontologia legal
  - Psiquiatria forense
  - Traumatologia forense
  - Asfixiologia forense
  - Toxicologia forense
  - Tanatologia forense
- Química forense
- Forense computacional
- Papiloscopia forense ou Datiloscopia forense
- Balística forense

Neste projeto será dada ênfase a balística forense, que será tratada em mais detalhes em seção posterior.

### **2.2.1 HISTÓRICO**

No mundo antigo não existiam práticas forenses padronizadas, sendo investigações criminais e julgamentos fortemente baseados em confissões e testemunhos. No entanto, há relatos de técnicas que indicam o início dos conceitos da ciência forense que foram desenvolvidos séculos mais tarde. (SCHAFER, 2008)

O primeiro relato escrito do uso de medicamentos e da entomologia para resolver casos criminais é atribuído ao livro *Xi Yuan Lu* (traduzido em inglês como *Washing Away of Wrongs*), escrito no ano 1248 na China por Song Ci. Em um dos relatos do livro, há o caso de uma pessoa assassinada com uma foice que foi resolvido por um investigador que instruiu todos os moradores próximos do local do crime a trazerem suas foices para uma determinada localidade, pois tinha percebido qual arma foi utilizada testando várias lâminas em uma carcaça de animal e comparando as feridas. A partir disto, moscas atraídas pelo cheiro de sangue eventualmente se reuniram em uma única foice, o assassino confessou logo após o ocorrido.

O livro também oferece informações sobre como distinguir um afogamento (água nos pulmões) de um estrangulamento, juntamente com outras evidências que podem ser analisadas para examinar cadáveres e determinar se a morte foi causada por homicídio, suicídio ou acidente.

Na Europa, durante o século XVI, médicos militares e universitários começaram a reunir informações sobre a causa e circunstâncias da morte, como Ambroise Paré, um cirurgião do exército francês que estudou sistematicamente os efeitos da morte violenta em órgãos internos e dois cirurgiões italianos, Fortunato Fidelis e Paolo Zacchia, que lançaram as bases da patologia moderna estudando as mudanças ocorridas na estrutura do corpo como resultado de enfermidades. (KELLY, 2009)

Como os valores racionais da época do Iluminismo estavam cada vez mais se enraizando na sociedade do século XVIII, a investigação criminal tornou-se um procedimento mais baseado em evidências científicas, reduzido a participação de torturas para confissões e crenças em bruxaria e poderes ocultos para solução de casos.

Atualmente, os laudos produzidos por perito em investigação forense têm valor de prova nos autos do julgamento. Estes podem ser suficientes para condenação de criminosos de acordo com a avaliação da autoridade judicial competente.

### **2.2.2 BALÍSTICA FORENSE**

De acordo com Heard (2008), a balística forense é um ramo da criminalística, dividida em três grandes áreas: interna, externa e terminal. A última está relacionada com o impacto do projétil e os danos no material ou indivíduo. A externa trata do percurso do projétil pelo ar, sua

aerodinâmica, giro e alguns casos de maior calibre, a rotação da terra. A interna, que será o principal foco desse estudo, está relacionada com a pressão do propelente, aceleração no cano, recuo do ferrolho, velocidade de escape dos gases, do projétil e marcas do disparo.

Na situação em que seja encontrado algum elemento relacionado a arma de fogo na cena do crime como: projétil, estojo ou a própria arma; A identificação balística é um dos diversos exames que a análise pericial pode realizar para esclarecer o fato.

Este consiste em realizar uma comparação visual entre itens de controle e itens questionados para saber se estes foram disparados pela mesma arma. Para tal, primeiramente se realiza uma triagem no item para identificar características mais grosseiras como o calibre, a quantidade de raias marcadas e sentido do giro no caso do projétil, como ilustrado na figura 28 (marcas no projétil). (HEARD, 2008)

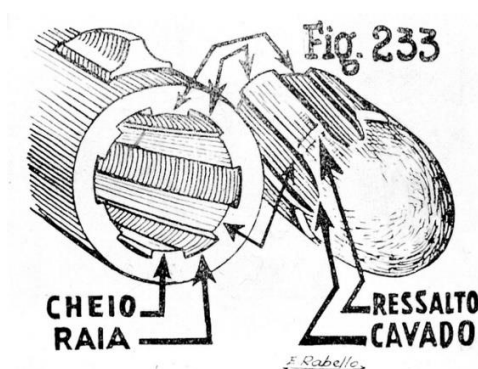


Figura 28 – Gravura ilustrativa o das marcas das raias em projétil. Fonte: Rabello (1995)

Após a triagem, são analisados elementos suspeitos de compatibilidade através de um microscópio comparador, onde em um lado é colocado a referência e do outro o material em questão. Na figura 29 é demonstrado um exemplo de equipamento operando e comparando bases de estojos.



Figura 29 – Microscópio comparador Digital Vision. Fonte: ADN Criminalística (2010)

O disparo, a passagem pelo cano e a ejeção do estojo deixam marcas únicas que são como “impressões digitais” do equipamento. Essas impressões aparecem principalmente na culatra do estojo através da marca do percutor (Figura 30), e na lateral dos projéteis (Figura 31), onde temos comparações entre dois elementos de munição distintos, conforme visto no microscópio, separados por uma linha central vertical.

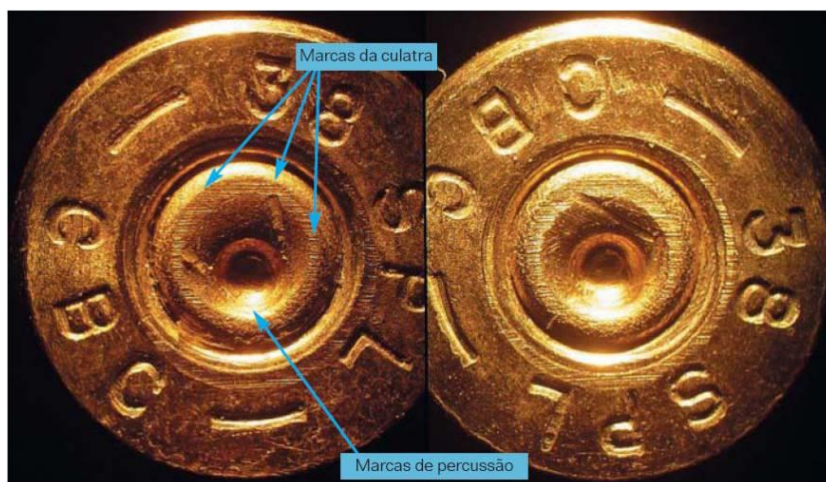


Figura 30 – Marcas na base de estojos sendo comparadas. Fonte: Revista Perícia Federal (2003)

A ciência forense é compreendida como o conjunto de conhecimentos científicos e técnicas que são utilizados para auxiliar na resolução de crimes e variados assuntos legais. Sendo assim, ela é uma importante ferramenta para se entender a situação e os envolvidos em algum ilícito. (GARRIDO, 2012)



Figura 31 - Comparação entre dois estojos diferentes com imagens geradas pelo ARSENAL. Fonte: autor

No contexto dos cartuchos, os elementos da arma mais relevantes são o percutor, a culatra do ferrolho (Figura 32), e o ejetor, porque estes são os que deixam as marcas mais evidentes e que costumam apresentar os melhores resultados.



Figura 32 – Fotografia identificando a face da culatra e janela do pino percussor em uma pistola. Fonte: Santos (2015)

### 2.2.3 DUREZA

Na ciência dos materiais, a dureza é uma propriedade característica dos sólidos que, de maneira resumida, pode ser descrita como a capacidade que um material tem de marcar ou penetrar outro. Sendo assim, de maneira mais técnica, a dureza é uma medida que estima o quanto um material sólido resiste a deformações permanentes quando uma força é aplicada nele.

Os materiais geralmente apresentam três respostas à aplicação de uma força. São elas a elasticidade, que é a capacidade de um material mudar temporariamente sua forma, a maleabilidade, que é a capacidade de alterar o seu formato sem se romper, e a ruptura que é a divisão do material.

Por esse motivo, o ensaio de penetração consiste na utilização de um material de comportamento e características conhecidas na marcação de outro material. Dessa forma, existem vários tipos de ensaios que podem ser realizados, de acordo com a necessidade e com as propriedades do material em análise.

No caso deste projeto será utilizado a dureza Vickers, devido à facilidade de comparação entre as durezas pelo fato da unicidade do penetrador e da diversidade dos estojos. Este ensaio é um método baseado no princípio de que as impressões provocadas pelo penetrador possuem

similaridades geométricas, independente da carga aplicada. A figura 33 ilustra o penetrador e as dimensões principais levadas em consideração.

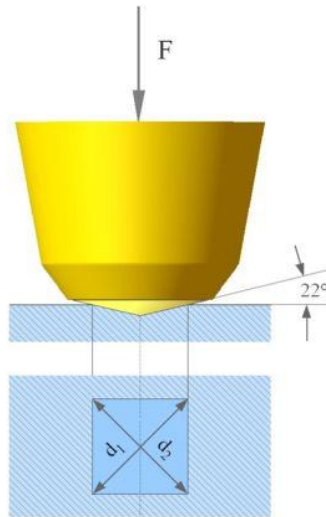


Figura 33 – Ilustração do penetrador do tipo Vickers. Fonte: Lokilech (2012)

As equações utilizadas nessa medição são:

$$HV = \frac{F}{A} = \frac{2 * F * \sin\left(\frac{136^\circ}{2}\right)}{d^2} \quad (1)$$

No qual,

$$d = \frac{(d_h + d_v)}{2} \quad (2)$$

Para converter a dureza HV para megapascal (MPa), basta multiplicar o valor por 9,807.

## 2.2.4 RUGOSIDADE

Uma superfície é composta por três principais componentes: forma, ondulação e rugosidade. A rugosidade é uma medida da variação do relevo que ocorre na superfície de um material em escalas microscópicas.

Cada vez mais é dada importância à análise de rugosidade, visto que ela influencia em diversas propriedades de um determinado componente. Resistência à corrosão, ao desgaste e à fadiga de uma determinada peça, por exemplo, podem ser alterados pelo acabamento superficial, também o coeficiente de atrito entre duas peças, muito importante na análise da interação entre a munição e cano, entre outros. (JOSSO, 2002)

Esta característica pode ser demonstrada através de várias medidas como a rugosidade média (\$R\_a\$), altura máxima de pico (\$R\_p\$), profundidade máxima de vale (\$R\_v\$), altura máxima do

perfil de rugosidade (Rz), altura total do perfil de rugosidade (Rt) e rugosidade média quadrática (Rq).

Neste projeto foram tomados como parâmetros as medidas de Ra, Rz e Rq. Na primeira projeta-se a superfície que se encontra abaixo da linha média para cima desta linha e calcula-se a média desses novos valores (Figura 34).

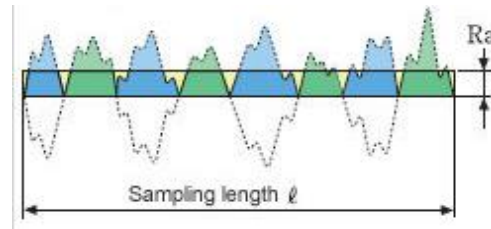


Figura 34 – Explicação da medida da rugosidade média (Ra) de um material. Fonte: Josso (2002)

Este apresenta equação dada por:

$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^l |Z(x)| dx \quad (3)$$

Ra é o parâmetro de medição mais utilizado em todo o mundo, sendo aplicável à maioria dos processos de fabricação. Por esse motivo, quase a totalidade dos equipamentos apresentam este parâmetro de forma analógica ou eletrônica. Os riscos superficiais inerentes ao processo, não alteram substancialmente o seu valor e para a maioria das superfícies, o valor da rugosidade neste parâmetro está de acordo com a curva de Gauss que caracteriza a distribuição de amplitude.

Todavia, o valor de Ra em um comprimento de amostragem representa a média da rugosidade, por isso, se um pico ou vale não esperado aparecer na superfície, o valor da média não sofrerá grande alteração, ocultando tal defeito. Ou seja, o valor não define a forma das irregularidades do perfil, dessa forma pode-se ter um mesmo Ra para superfícies originadas de processos diferentes. (COSTA, 2001)

Por esse motivo, outros parâmetros foram utilizados. No caso do perfil da rugosidade (Rz), este é calculado como na figura 35.

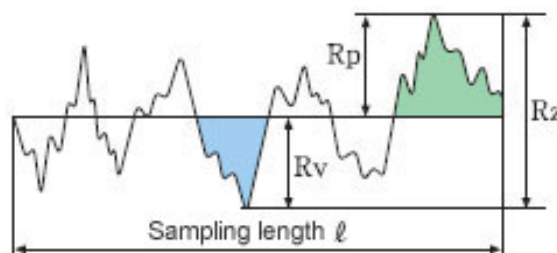


Figura 35 – Explicação da medida do perfil da rugosidade (Rz) de um material. Fonte: Josso (2002)



Cuja fórmula é dada por:

$$Rz = Rp + Rv \quad (4)$$

Por último, a medida da rugosidade média quadrática (Rq), é dada pela fórmula:

$$Rq = \sqrt{\frac{1}{lm} * \int_0^l y^2(x) dx} \quad (5)$$

Para realizar estas medições será utilizado rugosímetro que utiliza filtro passa-alta, ou seja, somente frequências maiores que um valor pré-determinado são analisadas. Esta frequência pré-determinada é chamada de “cut-off” e sinais com frequências inferiores a esta são descartados da medição.

### 2.2.5 COMPOSIÇÃO QUÍMICA E PROPRIEDADES

Segundo a *Sporting Arms and Ammunition Manufacturers Institute* (SAAMI), O projétil de uma munição pode ser feito de praticamente qualquer coisa. O chumbo é o material mais escolhido devido à alta densidade e à ductilidade.

O propelente usualmente era uma pólvora de queima longa, ainda em uso, mas substituída por melhores composições, genericamente chamadas de pó sem fumaça por serem menos tóxicas e não agredirem o ambiente.

As primeiras espoletas eram simplesmente pólvora peneirada e purificada que era derramado em um tubo onde poderia ser inflamado por alguma fonte externa de ignição, como um fusível ou uma faísca. As modernas são compostas substâncias químicas sensíveis ao choque contidas em uma cápsula pequena (alguns milímetros), inflamada pela percussão. Em alguns casos, a ignição é eletrogerada, e pode até mesmo não haver nenhuma espoleta, onde o propelente é inflamado diretamente.

O cartucho é comumente feito de latão devido à sua resistente à corrosão, podendo ser endurecido para suportar as altas pressões dos cartuchos e permita a manipulação por extração e ejeção sem rasgar o metal. O pescoço e a parte do corpo de um cartucho de latão são facilmente recozidos para tornar o estojo dúctil o suficiente para permitir o reaproveitamento, de modo que ele possa ser recarregado várias vezes.

O aço é usado em algumas munições, assim como em algumas munições militares (principalmente da antiga União Soviética e da China). Este é mais barato que o latão, mas não é viável a recarga e reutilização neste tipo de cartucho.

Forças militares tipicamente consideram os cartuchos de armas pequenas como dispositivos descartáveis, de uso único. No entanto, a massa da munição afeta a quantidade de equipamentos que um soldado pode carregar, sendo uma vantagem das munições de aço, que são mais leves, mas este é mais suscetível à contaminação e danos.

Uma desvantagem causada pelo aumento da resistência do aço no ombro do cartucho (em comparação com o ombro recozido de uma caixa de latão) é que o gás propelente pode soprar para trás, passando pelo gargalo e entrando na câmara. Constituintes desses gases se condensam na parede da câmara (relativamente fria). Este sólido resíduo propelente pode dificultar a extração de casos queimados. Este é um problema menor para as armas pequenas das antigas nações do Pacto de Varsóvia, que foram projetadas com tolerâncias de câmara muito maiores do que as armas da OTAN.

Cartuchos de alumínio também estão disponíveis comercialmente. Estes geralmente não são recarregados porque o alumínio desgasta mais facilmente e se deforma durante o disparo. Alguns calibres também têm tamanhos de espoleta não padrão para desencorajar os recarregamentos e reutilizações.

Estojos de plástico são comumente usados em cartuchos de espingarda e alguns fabricantes oferecem cartuchos de fogo central de polímero. Historicamente, o papel já foi usado nos primeiros cartuchos desenvolvidos.

As especificações do cartucho são determinadas por várias organizações de padrões, incluindo a SAAMI, nos Estados Unidos, e a *Commission internationale permanente pour l'épreuve des armes à feu portatives* (CIP) em muitos estados europeus. A OTAN também realiza seus próprios testes para cartuchos militares para seus países membros; devido a diferenças nos métodos de teste, os cartuchos da OTAN (com a cruz da NATO) podem apresentar uma combinação insegura quando carregados em uma arma para um cartucho certificado por um dos outros corpos de teste. (SAAMI, 2012)

Materiais autorrecuperáveis são ligas artificiais criadas que têm a capacidade de reparar automaticamente os danos em si mesmas, sem qualquer diagnóstico externo do problema ou intervenção humana. Geralmente, os materiais são degradados com o tempo devido à fadiga, condições ambientais ou danos ocorridos durante a operação. Rachaduras e outros tipos de danos em um nível microscópico mostraram alterar as propriedades térmicas, elétricas e acústicas dos materiais, e a propagação de rachaduras pode levar a uma eventual falha do material. Em geral, as rachaduras são difíceis de detectar em um estágio inicial, e a intervenção manual é necessária para inspeções e reparos periódicos. Em contraste, os materiais de auto cura contra a degradação através do início de um mecanismo de reparo que responde ao micro dano. Alguns materiais de

auto cura são classificados como estruturas inteligentes e podem se adaptar a várias condições ambientais às suas propriedades sensoriais e de atuação. (GHOSH, 2008)

### 2.2.5.1 LATÃO

O latão é uma liga de cobre e zinco, em proporções que podem variar para obter propriedades mecânicas e elétricas variadas. É uma liga substitucional: os átomos dos dois constituintes podem substituir um ao outro dentro da mesma estrutura cristalina, como ilustrado na figura 36. (Kwak, 2014, traduzido)

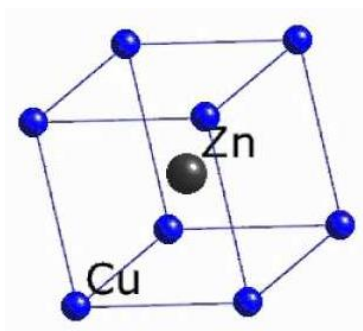


Figura 36 – Ilustração da estrutura atômica de uma liga Cobre-Zinco, constituintes do latão. Fonte: Bhadeshia (2011)

O latão é usado em aplicações onde baixa fricção é necessária, como travas, engrenagens, rolamentos, maçanetas, carcaças e cartuchos de munição, e durabilidade é desejada. Ele também é frequentemente usado em situações nas quais é importante que não sejam atingidas faíscas, como em acessórios e ferramentas usadas perto de materiais inflamáveis ou explosivos. (CCOHS, 2011)

Latão tem maior maleabilidade do que bronze ou zinco. O relativamente baixo ponto de fusão do latão (900 a 940 °C, dependendo da composição) e suas características microestruturais, tornam o material relativamente fácil de fundir. Variando as proporções de cobre e zinco, as propriedades do latão podem ser alteradas, como é visível no diagrama de fase da figura 37, permitindo latões duros ou macios com densidade de 8,4 a 8,73 gramas por centímetro cúbico. (WALKER, 2011)

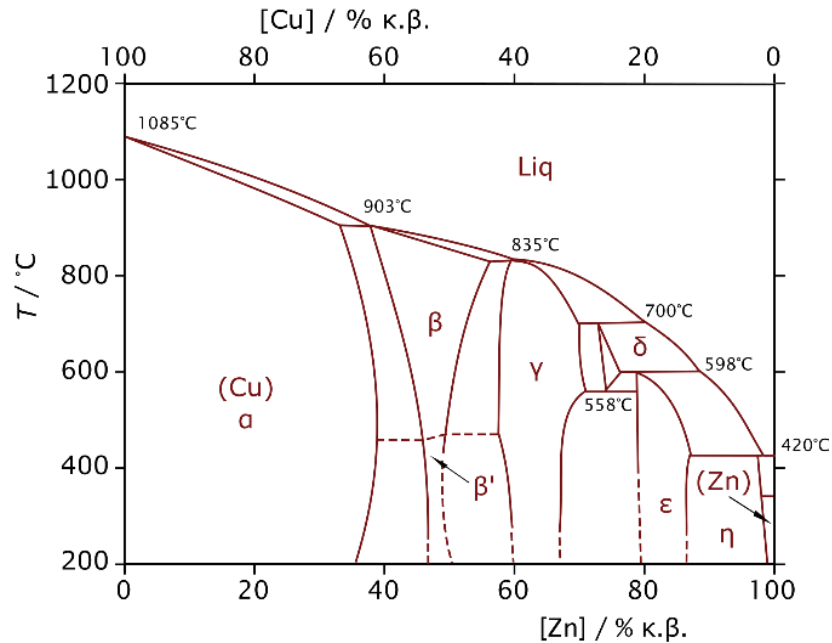


Figura 37 – Diagrama de fases da liga Cobre-Zinco, constituintes do latão. Fonte: Baker (2011)

Quase 90% de todas as ligas de latão são recicladas. Como o latão não é ferromagnético, ele pode ser separado da sucata ferrosa ao passar a sucata perto de um poderoso ímã. A sucata de latão é coletada e transportada para a fundição, onde é derretida e transformada em tarugos. A suavidade geral do latão significa que ele pode ser usinado sem o uso de fluido de corte, embora haja exceções a isso. (CAMM, 1949)

O alumínio torna o latão mais resistente e mais resistente à corrosão. O alumínio também faz com que uma camada dura altamente benéfica de óxido de alumínio ( $Al_2O_3$ ) seja formada na superfície, transparente e *self-healing* (autorrecuperáveis, traduzido).

O estanho tem um efeito semelhante e encontra seu uso especialmente em aplicações de água do mar (latões navais). Combinações de ferro, alumínio, silício e manganês fazem com que o latão seja resistente ao desgaste. (Copper Development Association, 2012)

O latão é suscetível a corrosão sob tensão, especialmente de substâncias contendo ou liberando amônia. O problema às vezes é conhecido como rachaduras da estação depois que foi descoberto pela primeira vez em cartuchos de latão usados para munição de rifles durante a década de 1920 no exército indiano britânico (Figura 38). O problema foi causado por altas tensões residuais da formação a frio dos casos durante a fabricação, juntamente com o ataque químico de traços de amônia na atmosfera. Os cartuchos foram armazenados em estábulos e a concentração de amônia aumentou durante os meses quentes de verão, iniciando assim fissuras quebradiças. O problema foi resolvido recozendo os casos e armazenando os cartuchos em outro lugar.



Figura 38 – Corrosão e quebra causada em antigo cartucho de latão pela presença da amônia. Fonte: Luca (1999)

As ligas mais utilizadas para a fabricação de estojos são o latão 260, também conhecido como latão cartucho ou latão amarelo, o mais popular e econômico das ligas de latão. Esta oferece boa resistência à corrosão de muitos agentes químicos, bem como em atmosferas industriais e ambientes marítimos. O latão CDA C26000 é produzido como uma combinação de cobre e zinco e tem a maior ductilidade da série de latão amarelo. Além disso, forma uma pátina protetora fina, que, ao contrário do aço e do ferro, não enferruja quando exposta à atmosfera.

Sua composição é dada por:

- Cobre: 68,5% -71,5%
- Ferro: 0,05%
- Chumbo: 0,07%
- Zinco: 28,5%
- Outro: 0,15%

As propriedades físicas do latão 260 dependem muito de qualquer processo de tratamento térmico que tenha sido feito no material. (ALRO, 2016)

## 2.2.6 PRESSÃO

A pressão é o diferencial de potencial responsável pela transmissão de energia química do propelente da munição para a energia cinética do projétil que é empurrado para fora da arma.

Sendo assim, a pressão neste projeto está relacionada à força produzida pela expansão dos gases produzido na queima do propelente. Esta variação de volume em um confinamento leva ao surgimento de uma força que será responsável pela aceleração do projétil que se move pelo cano aumentando o espaço do confinamento. A curva de velocidade do projétil e a pressão interna na câmara pode ser vista na figura 39.

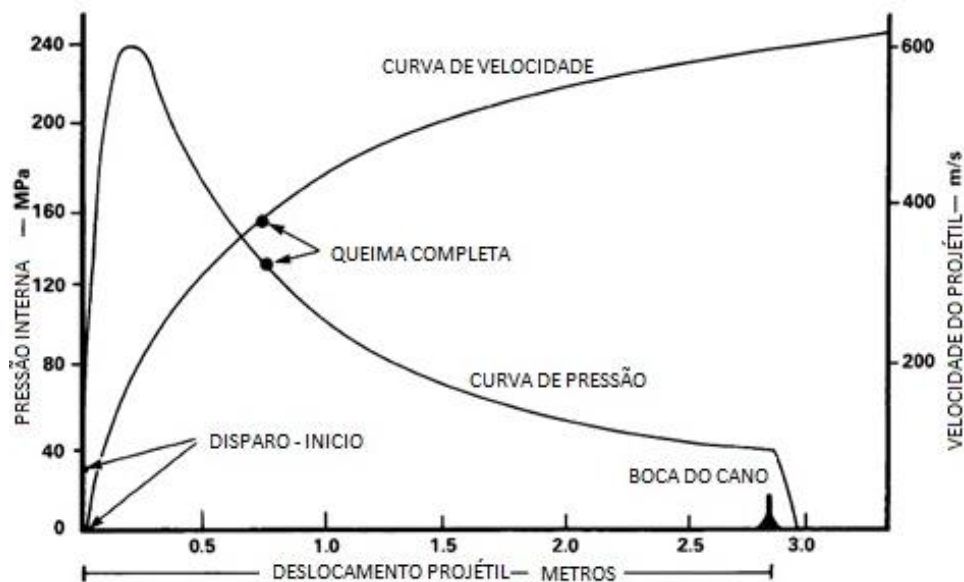


Figura 39 – Pressão interna e velocidade do projétil no cano em função da distância percorrida pelo projétil no cano. Fonte: Santos (2015)

Quanto maior o calibre da munição, conseqüentemente maior a quantidade de propelente presente no estajo, que leva a maiores energias químicas concentradas, passando por maiores níveis de pressão que são transformados em maiores energias cinéticas.

Desse modo, calibres pequenos como o .38' (9,652 mm) chegam a velocidades de 216 m/s com 224 J no caso da munição de Chumbo Canto Vivo a 858 m/s com 3372 J na munição comum do calibre 7,62x51 mm (CBC, 2012).

Por esse motivo a pressão é tão relevante, sendo na prática a força com a qual os componentes da munição são empurrados contra os materiais da arma, provocando marcas. Por esse motivo foram utilizadas munições de diversos tamanhos neste projeto de modo a identificar qual a relação da pressão com a eficiência do sistema.

### 3 EQUIPAMENTOS E UTILITÁRIOS

*Nesta seção são apresentados todos os aparatos mais relevantes que foram utilizados, de modo a garantir a repetitividade e reprodutibilidade dos experimentos.*

Os equipamentos utilizados neste projeto foram disponibilizados pela Polícia Federal e Universidade de Brasília e aqui foram citados de modo a garantir a repetitividade do estudo.

Para a primeira etapa (procedimentos no software) foram utilizados:

- Computador
- Acessórios de computador
  - Mouse
  - Teclado
  - Monitor
- Softwares computacionais de auxílio
  - Excel
- Equipamento de proteção individual
  - Óculos protetor
  - Luvas
  - Protetor auricular
- Microscópio comparador Marca Leeds, Modelo LCF 1600
- Sistema de identificação balística ARSENAL, software versão 4.6.1, da empresa Russa Papillon Systems, distribuído no Brasil pela Gurteq ensaios não destrutivos (figura 40)



Figura 40 – Sistema de identificação balística ARSENAL. Fonte: autor

- Conjunto de suportes para escaneamento da lateral do estojo (figura 41)



Figura 41 – Suportes para escaneamento da lateral do estojo. Fonte: autor

- Suporte para escaneamento da base do estojo (figura 42)



Figura 42 – Suporte para escaneamento da base do estojo. Fonte: autor

- Armas de diversos calibres
  - 28 armas de calibre 9 mm Luger - anexo I
  - 21 armas de calibre .40” S&W (Smith and Wesson) – anexo II
  - 20 armas de calibre 5,56x45 mm – Tabela 1 do anexo III
  - 4 armas de calibre 7,62x51 mm – Tabela 2 do anexo IV
  - 3 armas de calibre 7,62x39 mm – Tabela 3 do anexo IV
- Estojos de diversos calibres
  - 112 estojos de 9 mm
    - 56 estojos +p+
    - 56 estojos niquelados
  - 84 estojos de .40’ latonados
  - 59 estojos de 5,56 mm
  - 12 estojos de 7,62x51 mm
  - 9 estojos de 7,62x39 mm



Os anexos V, VI, VII e VIII deste relatório mostram em mais detalhes as dimensões e características das munições em estudo.

Para a segunda etapa (aferição de características mecânicas), foram utilizados os seguintes equipamentos e materiais:

- Durômetro Zwick Roell ZH 250 (figura 43)



Figura 43: Durômetro Zwick Roell ZH 250. Fonte: autor (2016)

- Estojos de prova (figura 44)
  - Dois estojos 9 mm Luger
  - Dois estojos 9 mm +p+
  - Dois estojos 5,56 mm
  - Dois estojos 7,62x51 mm
  - Dois estojos 7,62x39 mm



Figura 44: Durômetro Zwick Roell ZH 250. Fonte: autor

- Martelo de esvaziamento de munição Frankford ARSENAL (figura 45)



Figura 45: Martelo para separação da munição. Fonte: autor

- Bancada de desempenho
- Rugosímetro Mitutoyo SJ-201 (figura 46)



Figura 46: Rugosímetro Mitutoyo SJ-201. Fonte: autor

## 4 PROCEDIMENTOS

*Este capítulo explicita as atividades realizadas e medidas adotadas em busca dos objetivos estabelecidos de modo a permitir a reprodutibilidade e repetitividade do estudo.*

O projeto é dividido em três grandes etapas. A primeira envolve a parte de estudo e utilização do software de confronto balístico e obtenção de resultados pelo sistema. A segunda é a aferição e averiguação das informações e características a respeito da mecânica dos diversos modelos de munição. A última etapa é verificação das correlações dos resultados do sistema com as características mecânicas dos artefatos balístico.

### 4.1 SOFTWARE DE CONFRONTO AUTOMÁTICO

O sistema de identificação ARSENAL opera através da digitalização de imagens por fotos de alta resolução feitas em sua câmara de análise. Através deste procedimento, zonas de interesse são separadas e são utilizadas para a comparação e confronto balístico entre amostras no banco de dados.

Este sistema adquiri tanto imagens do projétil quanto do estojo, incluindo base e lateral. Mas para este projeto, foram utilizados apenas dados e análises referente ao estojo, que são o foco do estudo do projeto.

Será explicitado os procedimentos utilizados no software de modo a deixar claro quais as etapas adotadas e o funcionamento do mesmo, tendo em vista a novidade que esta ferramenta constitui e a confidencialidade do funcionamento interno do software, podendo ser utilizado como referência de avaliação do desempenho do aplicativo em outros trabalhos especializados.

#### 4.1.1 PASSO A PASSO DA AQUISIÇÃO DE DADOS NO SOFTWARE

Com o computador já pronto para receber comandos, o primeiro passo é acessar o software do equipamento na área de trabalho, mostrado na figura 47, e inserir seu login e senha que devem ter sido corretamente fornecidas pelo administrador.

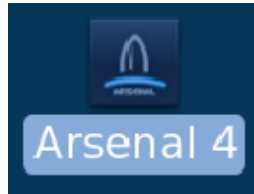


Figura 47 – Ícone de acesso ao arsenal. Fonte: autor

Ao iniciar o software, o usuário irá se deparar menu da figura 48, onde diversas operações podem ser realizadas. Neste projeto, os esforços foram concentrados no ícone destacado na figura 11, que se refere às opções de escaneamento.



Figura 48 – Ícone de acesso ao escaneamento do sistema. Fonte: autor

Ao clicar no ícone da figura 48, o layout da figura 49 será apresentado, onde cada linha da tabela corresponde a um objeto diferente. No sistema podem ser adicionados quatro tipos de objetos. São eles: cartucho padrão, cartucho questionado, projétil padrão e projétil questionado. Os padrões entram como referências a serem comparadas no banco de dados e os questionados entram como inputs, mas podem ser usados como referências também.

File View Window Help			
Scanning Requests		Image Acquisition	
		Register	Update
		er	△ Crime Case
			Caliber
💡	🔫	PF0004/18 AQ10 EP1	p1 .223
💡	🔫	PF0004/18 AQ10 EP2	p1 .223
💡	🔫	PF0004/18 AQ10 EQ	p1 .223
💡	🔫	PF0004/18 AQ11 EP1	.223
💡	🔫	PF0004/18 AQ11 EP2	.223
💡	🔫	PF0004/18 AQ11 EQ	.223
💡	🔫	PF0004/18 AQ12 EP1	.223
💡	🔫	PF0004/18 AQ12 EP2	.223

Figura 49 – Layout do banco de dados do arsenal. Fonte: autor

O tipo de objeto na linha pode ser identificado pelo ícone da segunda coluna, podendo referir-se a um projétil ou estojo com ou sem uma interrogação (respectivamente questionado ou padrão). A terceira coluna identifica se o objeto já foi escaneado ou não, sendo a presença da fotografia indicativo de que foi. A quinta coluna refere-se ao nome do objeto no banco de dados.

Para adicionar os objetos no banco de dados, a primeira atividade a ser desenvolvida é adicionar o caminho que irá receber as imagens tiradas no banco de dados. Este processo é feito preenchendo as lacunas mostradas na figura 50. Para acessar esta janela, basta clicar no ícone indicado em vermelho na figura 49 ou acessando o menu da figura 48 no ícone ao lado esquerdo do destacado.

The screenshot shows a software window titled "Create Request for Scanning Testfire Cartridge Case". The window has a tabbed interface with "Passport", "Characteristics", and "Toolmarks & Firearm" tabs. The "Characteristics" tab is selected. The form contains several input fields: "Registration No" (PF0004/18 AQ17 EP1), "Criminal Case", "Accounting Type", "Examination By (Lab)", "Report No", "Comparative Investigation Date", "Examiner", "Initiator", "Agency", "Contact Tel.", and "Incident Date". A green rectangular box highlights two specific fields: "Number of Objects" (value 3) and "Object No" (value 1). At the bottom of the window, there are four buttons: "Normal", "Urgent", "Clear", and "Close".

Figura 50 – Janela de adição de caminho de objeto no banco de dados. Fonte: autor

O número de registro foi preenchido como já explicado, e na aba de características o calibre correto deve ser inserido (importante para o correto funcionamento da máquina porque esta já vem com uma programação específica para cada calibre) e os demais campos preenchidos de maneira opcional. Neste projeto, os itens eram criados em grupos de 3, de modo a organizar o banco, como mostrado no retângulo verde da figura 50.

Com o caminho adicionado, basta abrir o aplicativo de controle do escâner. No canto inferior direito da tela que irá abrir, a figura 51 pode ser vista. A zona de *lighter* representa cada uma das seções do objeto, no caso um estojo. Os retângulos verticais são os scanners da lateral do estojo (podendo até dois serem adicionados, de zonas diferentes se preciso) e as seções de círculo para a base do estojo.

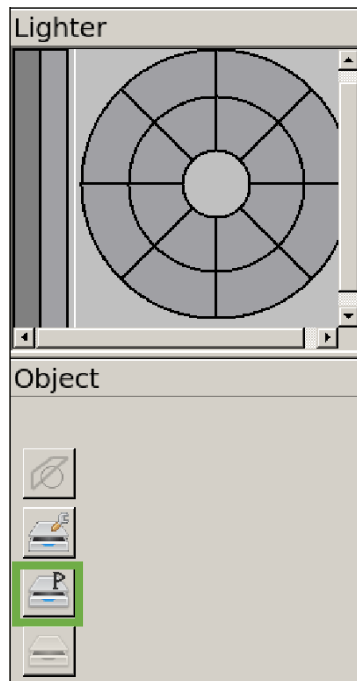


Figura 51 – Menu da janela de escaneamento. Fonte: autor

O botão indicado pelo retângulo verde refere-se ao pré-escaneamento do objeto e é necessário para habilitar o botão abaixo que é o de escaneamento propriamente dito. A cima do pré-escaneamento está a janela de configurações onde se pode alterar a profundidade do foco da fotografia, possibilitando imagens em regiões mais fundas, causadas por amassados, por exemplo.

Ao acionar o botão de pré-escaneamento, o software irá perguntar se as fotos são da base do estojo ou da lateral. Caso a base ou a lateral sejam selecionadas, os respectivos equipamentos de suporte deverão ser utilizados, e a tomada de imagens terá início, como indicado nas figuras 52 e 53, para lateral e base, respectivamente.



Figura 52 – Digitalização do estojo. Fonte: autor

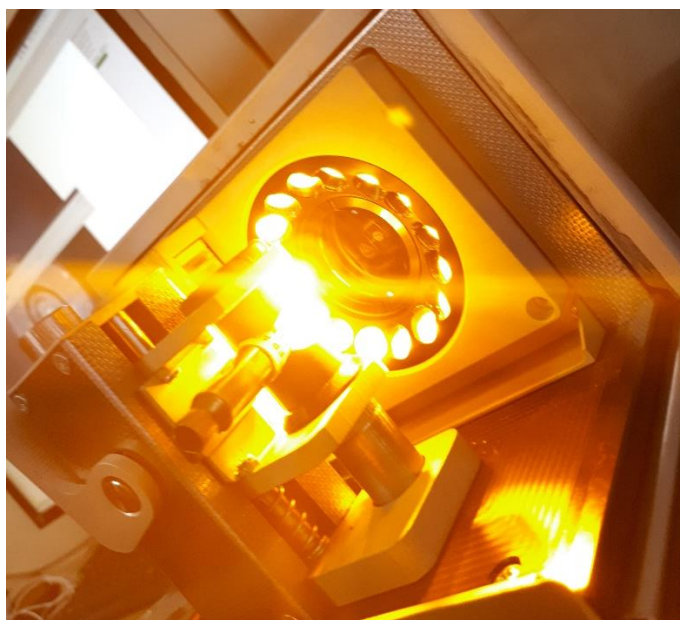


Figura 53 – Escaneamento da base do estojo. Fonte: autor

O estojo é digitalizado automaticamente de modo que cada detalhe seja captado e possa, inclusive, ser gerado um modelo em três dimensões para análise de marcas maiores como amassados, rasgos e curvaturas. A figura 54 demonstra o resultado da digitalização lateral e a 55 da digitalização da base.



Figura 54 – Resultado do pré-processamento da lateral do estojo. Fonte: autor

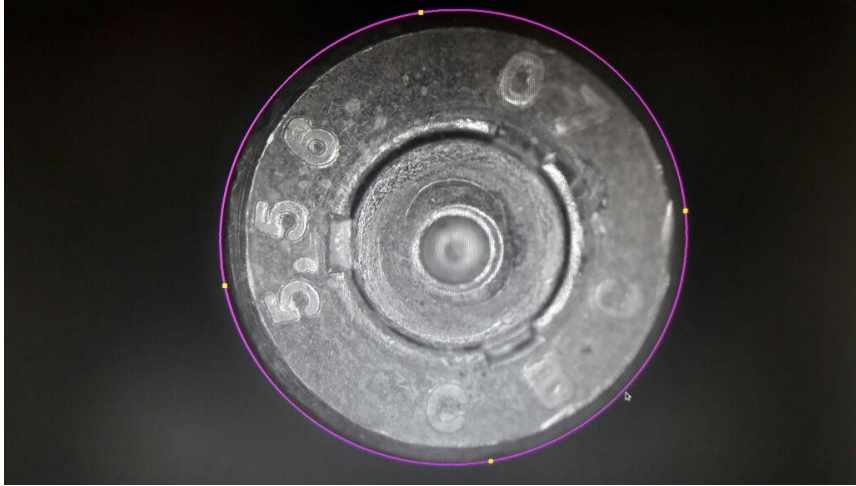


Figura 55 – Resultado do pré-processamento da base do estojo. Fonte: autor

O objetivo do sistema é, através da comparação de imagens, identificar semelhanças e poder relacionar marcas de objetos diferentes disparados pela mesma arma. Dessa forma, uma zona de interesse precisa ser selecionada para utilização como referência para comparação. Estas zonas são delimitadas no sistema pelas linhas azul e rosa mostrados na imagem da lateral do estojo e pela linha rosa da base.

Nas figuras 54 e 55 é possível notar também que existem uma zona em que a imagem ficou mais borrada. Isso se deve ao alcance do foco do equipamento, que pode ser configurado para ter um maior alcance, mas aumentando consideravelmente o tempo de processamento, durando em torno de 3 minutos em média para profundidade de 1,5mm e até 7 minutos para profundidade de 3mm.

Com estas zonas de interesse bem definidas, o processamento é efetivamente realizado e se obtém o resultado final da digitalização, que podem ser vistos nas figuras 56 e 57.



Figura 56 – Resultado final da digitalização da lateral do estojo. Fonte: autor





Figura 57 – Resultado final da digitalização da base do estojo. Fonte: autor

Os estojos em análise foram separados de acordo com seu tipo (variando entre latonado, niquelado e +p+) e de qual arma foram disparadas, cuja nomenclatura será tratada posteriormente em seção oportuna, sendo cada estojo escaneado individualmente e regularmente adicionado ao banco de dados do sistema.

No caso dos calibres 5,56 mm e 7,62 mm, foi optado por estudar a zona de mudança de área, chamada de ombro, principalmente devido às marcas interessantes que já eram visíveis a olho nu no caso do modelo FAL de calibre 7,62. Para tal, os estojos foram inseridos na máquina de forma a dar ênfase na sua região de estricção chamada de ombro. Como o software meramente faz um confronto através da imagem, seu posicionamento não interfere no julgamento. O posicionamento é demonstrado na figura 58.

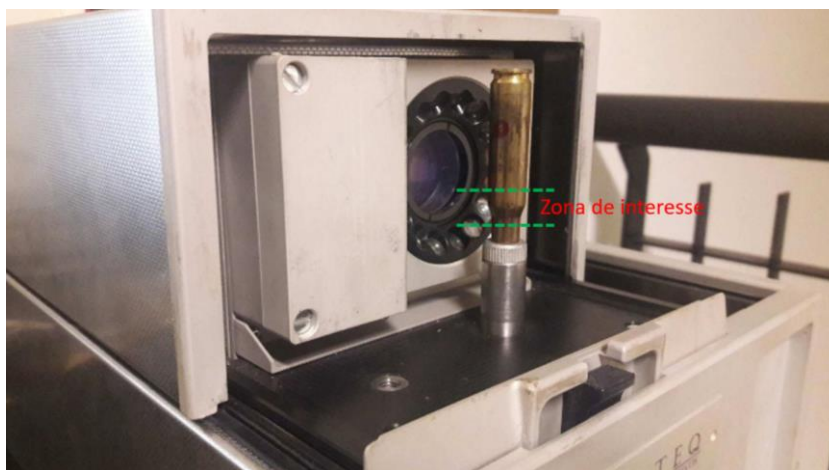


Figura 58 – Posicionamento do estojo invertido para análise da zona de estricção. Fonte: autor

Para tal, algumas mudanças tiveram de ser adotadas. Como a zona de estricção se afasta do foco da lente, foi necessário aumentar a profundidade do escaneamento para 3,00 mm, o que aumentou consideravelmente o tempo de tomada de imagem, chegando a 6 minutos por procedimento. Outro ponto é que as munições de calibres maiores são muito maiores que as de pistola, o que impossibilitou a utilização de suportes para fixação quando se desejava fechar a máquina para reduzir influência da luz.

#### 4.1.2 PASSO A PASSO DO *ENCODING* DE DADOS NO SOFTWARE

Após a adição das imagens ao banco de dados, estas deverão ser corretamente tratadas de modo a indicar semi automaticamente a presença de marcas únicas que serviram para diferenciar a arma de origem. No caso da base, essas regiões são evidenciadas na figura 59 pelo círculo verde (centro), que é a marca do percutor e a zona delimitada pelas linhas azuis (externas), onde está indicada as marcas do ferrolho.

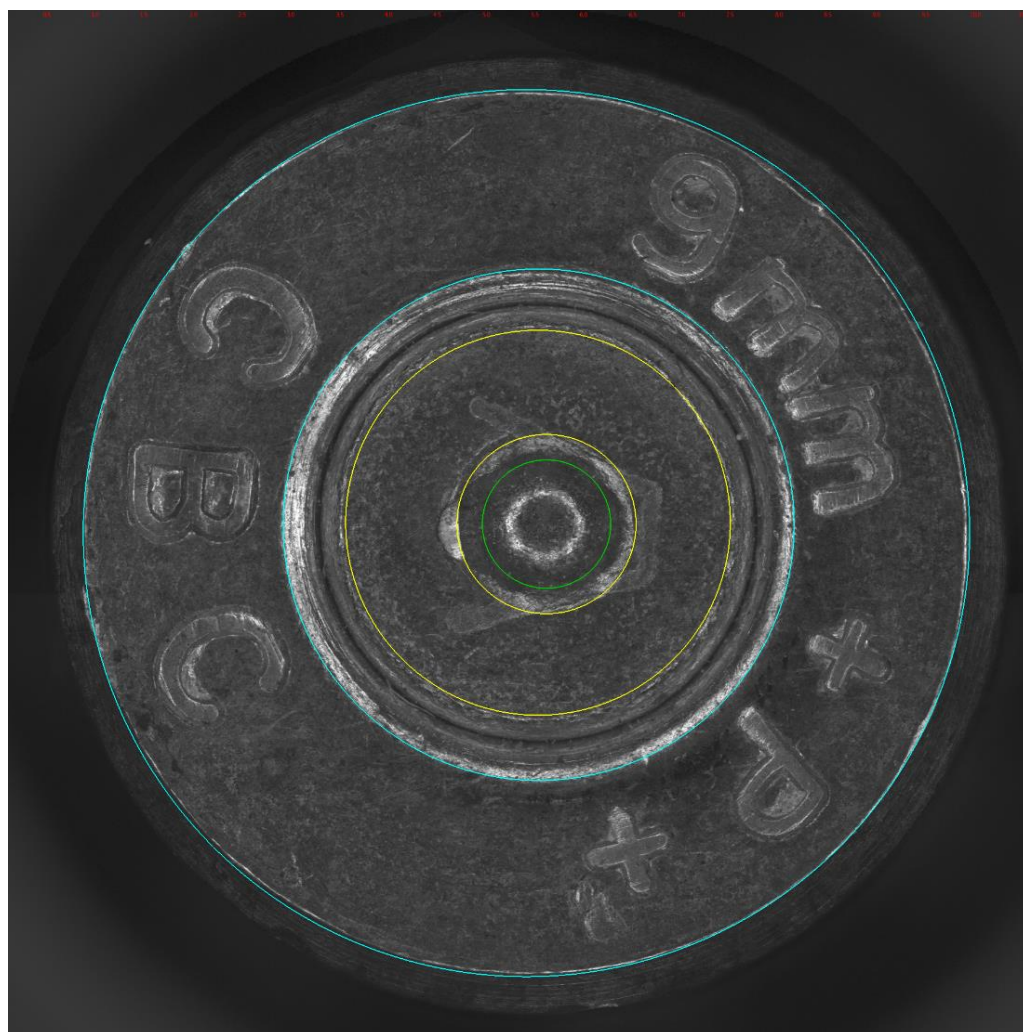


Figura 59 – Áreas relevantes utilizadas na identificação da arma. Fonte: autor

Estas marcas são produzidas pelo próprio sistema através da ferramenta indicada na figura 60 por uma “varinha mágica”, ou manualmente pelos círculos indicados na mesma figura.

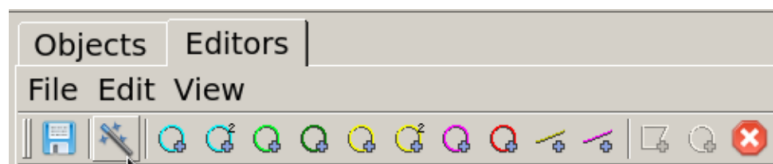


Figura 60 – Principais ferramentas utilizadas no *encoding* no ARSENAL. Fonte: autor

Um procedimento similar é adotado para o *encoding* da lateral do estojo, indicando marcas relevantes como amassados e arranhões destoantes (Figura 61).

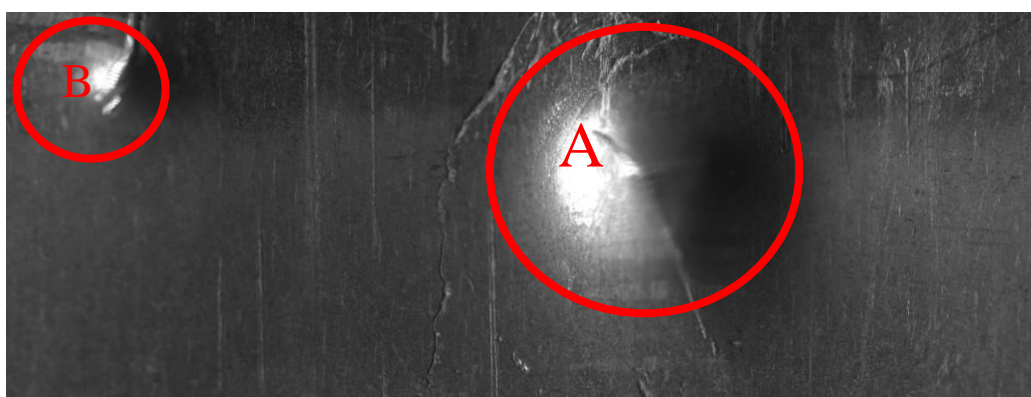


Figura 61 – Marcas relevantes (A e B) na lateral de um estojo. Fonte: autor

#### 4.1.3 PASSO A PASSO DO CONFRONTO NO SOFTWARE

Após o *encoding* da amostra e respectivas indicações no sistema, os artefatos novos são adicionados no banco de dados e confrontados com os demais já existentes, sendo atribuída uma pontuação de acordo com a semelhança e montando um *ranking* de similaridade da amostra em ordem decrescente, onde o primeiro item da lista indica aquele que mais se aproxima do novo objeto.

Para cada objeto são montados rankings de acordo com a área de referência, como o *Firing Pin* e *Breech Face* da base do estojo. Um exemplo do resultado do confronto é mostrado na figura 62. Na figura, a coluna “#” representa a posição no ranking, “*Index*” indica a pontuação do objeto na comparação, “*Registration No*” indica a nomenclatura utilizada para o artefato, “*criminal case*” não é preenchido porque os artefatos foram recolhidos em laboratório, “*Caliber*” indica o calibre da munição e “*Object ty*” indica se o cartucho é o questionado ou o padrão. Na parte inferior estão indicadas todas as informações relevantes sobre a amostra como quem e onde ela foi obtida.

#	Index	Registration No	Criminal (Firearm S	Caliber (Firearm M	Object Ty
1	2,212	PF0001/17 AQ05 EQ5		.38	Eviden...
2	1,942	PF0001/17 AQ05 EQ4		.38	Eviden...
3	1,919	PF0001/17 AQ05 EQ1		.38	Eviden...
4	1,878	PF0001/16 AQ05 EP3.2		.38	Eviden...
5	1,769	PF0001/16 AQ05 EP2.1		.38	Eviden...
6	1,733	PF0001/17 AQ09 EQ4		.38	Eviden...
7	1,699	PF0001/16 AQ05 EP7.2		.38	Eviden...
8	1,682	PF0001/16 AQ12 EP1.2		.38	Eviden...
9	1,636	PF0001/16 AQ15 EP7.2		.38	Eviden...
10	1,623	PF0001/16 AQ09 EP6.2		.38	Eviden...
11	1,616	PF0001/16 AQ14 EP4.2		.38	Eviden...
12	1,610	PF0001/17 AQ07 EQ1		.38	Eviden...
13	1,577	PF0001/16 AQ05 EP1.2		.38	Eviden...
14	1,568	PF0001/17 AQ12 EQ4		.38	Eviden...
15	1,554	PF0001/16 AQ13 EP3.1		.38	Eviden...
16	1,552	PF0001/16 AQ05 EP3.1		.38	Eviden...
17	1,542	PF0001/16 AQ11 EP3.1		.38	Eviden...
18	1,535	PF0001/17 AQ16 EQ4		.38	Eviden...
19	1,535	PF0001/16 AQ09 EP3.1		.38	Eviden...
20	1,534	PF0001/16 AQ09 EP4.1		.38	Eviden...
21	1,534	PF0001/16 AQ15 EP1.1		.38	Eviden...
22	1,532	PF0001/16 AQ15 EP4.1		.38	Eviden...
23	1,527	PF0001/16 AQ09 EP3.2		.38	Eviden...
24	1,526	PF0001/16 AQ05 EP4.2		.38	Eviden...
25	1,521	PF0001/16 AQ11 EP7.1		.38	Eviden...
26	1,520	PF0001/16 AQ15 EP4.2		.38	Eviden...
27	1,520	PF0001/17 AQ03 EQ4		.38	Eviden...
28	1,519	PF0001/16 AQ15 EP2.1		.38	Eviden...
29	1,519	PF0001/16 AQ05 EP4.1		.38	Eviden...
30	1,512	PF0001/16 AQ12 EP5.2		.38	Eviden...
31	1,507	PF0001/17 AQ07 EQ4		.38	Eviden...
32	1,506	PF0001/16 AQ11 EP3.2		.38	Eviden...
33	1,504	PF0001/16 AQ12 EP7.1		.38	Eviden...
34	1,503	PF0001/16 AQ16 EP6.2		.38	Eviden...
35	1,503	PF0001/17 AQ14 EQ5		.38	Eviden...
36	1,501	PF0001/16 AQ16 EP4.2		.38	Eviden...
37	1,501	PF0001/16 AQ09 EP1.1		.38	Eviden...
38	1,501	PF0001/16 AQ13 EP6.2		.38	Eviden...
39	1,500	PF0001/16 AQ05 EP5.1		.38	Eviden...
40	1,490	PF0001/16 AQ14 EP5.2		.38	Eviden...
41	1,486	PF0001/16 AQ16 EP3.2		.38	Eviden...
42	1,484	PF0001/16 AQ12 EP5.1		.38	Eviden...
43	1,482	PF0001/16 AQ10 EP3.2		.38	Eviden...

Record count 200; id - 4753

<b>Registration No</b>	PF0001/17 AQ05 EQ5
<b>Number of Objects</b>	4
<b>Object No</b>	3
<b>Caliber</b>	.38
<b>Cartridge Type</b>	.38 SPL
<b>Coding Timestamp</b>	6/16/17 10:24 AM
<b>Scan Request Timestamp</b>	4/25/17 1:42 PM
<b>Scan Request Operator</b>	Lehi Sudy dos Santos
<b>Scanning Timestamp</b>	4/25/17 1:52 PM
<b>Scanning Operator</b>	Lehi Sudy dos Santos
<b>Coding Operator</b>	Lehi Sudy dos Santos
<b>Timestamp of Last Editing</b>	4/25/17 6:24 PM
<b>Operator of Last Editing</b>	Lehi Sudy dos Santos
<b>Insert to DB Timestamp</b>	6/16/17 10:24 AM
<b>Reason of Editing</b>	SSS
<b>Accounting of Type</b>	apbal test
<b>Timestamp of Change Candidate List</b>	6/16/17 10:27 AM
<b>Parent DB</b>	Polícia Federal. Brasilia

Figura 62 – Exemplo de resultado de confronto realizado pelo sistema. Fonte: autor

#### 4.1.4 NOMENCLATURA

A nomenclatura utilizada no projeto foi feita de modo a bem separar os calibres e armas e facilitar o reconhecimento das mesmas no sistema. Tomando como exemplo o “PF0004/18 AQ11 EP2”, presente no banco de dados, podemos traduzir como: estojo padrão 2 (EP2) da arma questionada 11 (AQ11) da arma tipo 4 no ano de 2018 (0004/18).

Além dos estojos padrões, temos os estojos questionados (EQ) que foram os utilizados como input no banco de dados, devendo sair como output os padrões e outros questionados de outras armas para comparação com estes.

Além disso, os tipos das armas são:

- Tipo 2: armas de calibre 9 mm Luger
- Tipo 3: armas de calibre 0,40” S&W
- Tipo 4: armas de calibre 5,56x45 mm
- Tipo 5: armas de calibre 7,62x51mm
- Tipo 6: armas de calibre 7,62x39 mm

Além destes, outras nomenclaturas aparecem no banco de dados devido a outros estudos que foram realizados na Polícia Federal, contando para os confrontos realizados, mas sendo desconsiderados na identificação por utilizarem armas não usadas no presente projeto.

Para munições de menor calibre, existem estojos disponíveis com modelos latonados, niquelados e +p+, por exemplo no calibre 9 mm, onde foram separados quatro estojos, sendo dois do modelo +p+ (3.1 e 3.2 no banco de dados) e dois niquelados (4.1 e 4.2 no banco de dados), totalizando para as 28 armas, 112 estojos.

De acordo com a CBC (2018), os estojos +p+ são indicados pelo fabricante como de maior pressão no disparo e o estojo niquelado trata-se de um recobrimento de uma fina camada de níquel sobre o latão, que é o principal componente do estojo.

O mesmo procedimento foi realizado para 21 armas de calibre .40 pol, sendo separados de cada arma dois estojos latonados comuns (1.1 e 1.2 no banco de dados) e dois niquelados (3.1 e 3.2 no banco de dados).

Com o banco de dados completo, o próximo passo é a realização dos testes do sistema, verificando sua taxa de acerto, acurácia, efetividade de modo a medir a utilidade da operação e quais tipos de munição se saíram melhor nos confrontos.

#### 4.1.5 EFETIVIDADE DO SISTEMA

A efetividade do sistema foi medida confrontando cada estojo questionado de arma de interesse com o banco de dados. Desse procedimento, é gerada uma lista de semelhança decrescente com o objeto (Tabela 2).

Tabela 2 – Exemplo de lista decrescente de semelhança resultante do sistema ARSENAL. Fonte: autor

EQIII	ARMA 18	9mm
#	Index	Registration No
1	5669	PF0002/2017 AQ18 EP2.2
2	5467	PF0002/2017 AQ18 EQ II
3	4924	PF0002/2017 AQ18 EQ I
4	4857	PF0002/2017 AQ18 EP1.2
5	4675	PF0002/2017 AQ18 EP4.1
6	4590	PF0002/2017 AQ18 EP1.1
7	4383	PF0002/2017 AQ18 EP2.1
8	4057	PF0002/2017 AQ18 EP3.2
9	3875	PF0002/2017 AQ18 EP3.1
10	3766	PF0002/2017 AQ18 EP4.2
11	2970	PF0002/2017 AQ27 EP2.1
12	2657	PF0002/2017 AQ19 EQ II
13	2633	PF0002/2017 AQ29 EQ III
14	2622	PF0002/2017 AQ27 EP3.2
15	2592	PF0002/2017 AQ33 EP3.1
16	2587	PF0002/2017 AQ33 EP4.2
17	2587	PF0002/2017 AQ29 EQ I
18	2564	PF0002/2017 AQ27 EP1.1
19	2559	PF0002/2017 AQ29 EQ II
20	2546	PF0002/2017 AQ20 EP2.1
21	2514	PF0002/2017 AQ19 EP3.1

Com essa lista, foi verificado o posicionamento dos verdadeiros positivos na escala, desconsiderando os padrões da mesma arma porque na utilização real do sistema só haveria um padrão cadastrado. Para análise foram incluídos na lista de resultados a posição das amostras procuradas até a posição 21 (vinte e um).

Considerando todos os resultados para um mesmo calibre, o número de acertos em dada posição, dividido pelo número de comparações realizadas, estabelece uma probabilidade de encontrar um acerto até a posição  $n$ . A probabilidade cumulativa, definida como a soma de todas as probabilidades até a posição  $n$ , podendo ser plotada em função da posição  $n$ , e o critério de efetividade foi definido usando uma curva que melhor se ajusta aos resultados. (SANTOS, 2015)

A curva proposta pelo estudo para ajustar aos dados é dada pela equação:

$$P(n) = \frac{a \cdot n}{n + b} + c \cdot n, \quad a \text{ e } c \in [0,1], \text{ and } n \in [0, i]. \quad (6)$$

Onde:

$i$  é o tamanho do banco de dados; e

$P(n)$  é a probabilidade cumulativa de um acerto até a posição  $n$ .

As condições de contorno são:

$$P(i) = 1, \quad (7)$$

$$P(0) = 0. \quad (8)$$

Da condição de contorno  $P(i) = 1$  segue que:

$$c = \frac{i \cdot (1 - a) + b}{i \cdot (b + a)}. \quad (9)$$

Ou seja, apenas  $a$  e  $b$  são parâmetros a serem determinados para ajustar a curva aos resultados.

Para determinação de um critério de efetividade foi proposto a divisão do gráfico em duas áreas, conforme a figura 63.

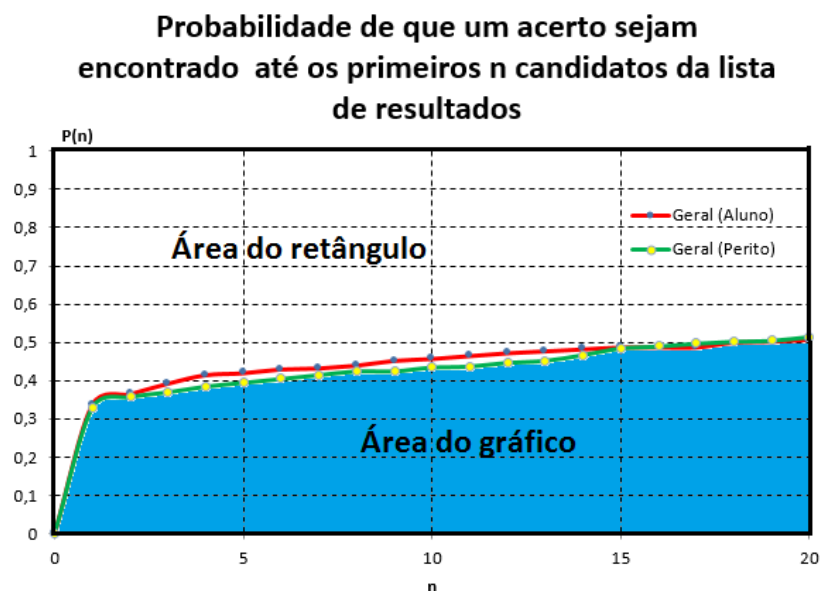


Figura 63 – Representação de como é calculada a efetividade do sistema. Fonte: autor

Considerando a probabilidade de um acerto em função da posição da lista de resultados (P x n) da figura 63 o critério de efetividade ( $\Gamma_0$ ) foi definido como:

$$\Gamma_0 = \frac{A2}{A1 + A2'} \quad (10)$$

$$\Gamma_0 = \frac{\int_0^i P(n) dn}{1 \cdot i} \quad (11)$$

$$\Gamma_0 = a + \frac{c}{2} \cdot i + \frac{k}{i} \quad (12)$$

com  $k = a \cdot b \cdot (\ln b - \ln(i + b))$ . (13)

Utilizado a padronização estabelecida para se medir a efetividade de sistemas de confronto automatizados, definidas pela através da razão entre a área do gráfico de distribuição acumulada e um retângulo que representaria o desempenho máximo através de uma aproximação para uma hipérbole, como representado na figura 64.

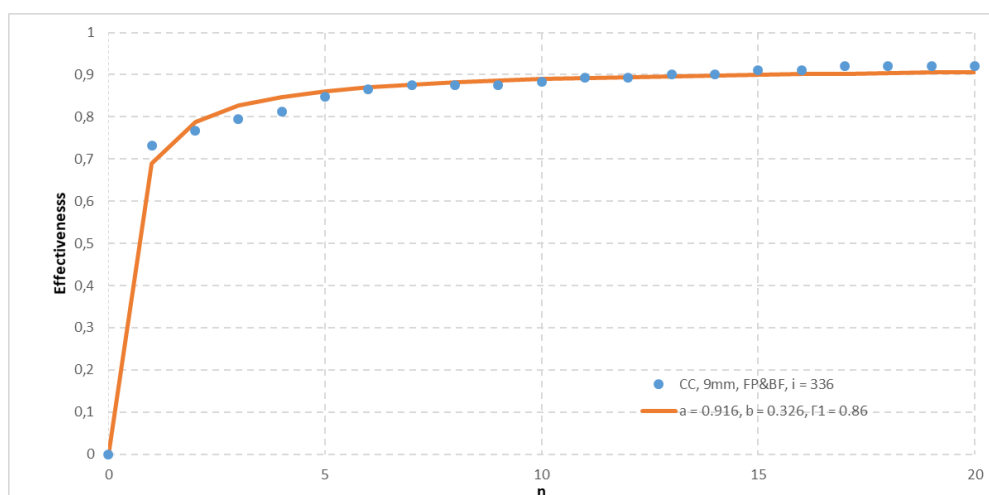


Figura 64 – Representação da aproximação dos pontos para uma hipérbole. Fonte: autor

O valor “n” no eixo horizontal representa a posição do resultado correto no ranque gerado pelo ARSENAL e P(n) no eixo vertical a probabilidade de o resultado correto ter sido encontrado



até aquela posição, considerando a quantidade de padrões que foram encontrados nas posições com relação ao todo.

Com essas informações foram gerados três resultados: a efetividade geral do sistema por tipo de estojo, a efetividade geral do sistema e a efetividade individual para cada uma das armas. O primeiro é relevante para questões estruturais do estojo, como a dureza e a rugosidade. O segundo é importante para discriminação da qualidade do sistema. O terceiro é importante para questões da própria arma como a geometria interna.

Além disso, dependendo da disponibilidade de modelos de estojos, diversos confrontos foram realizados, como é o caso da munição 9mm, que possui modelos +p+ e niquelados e o .40pol que possui os modelos latonados e niquelados. Os calibres .223pol e 7,62mm, neste estudo, possuem apenas um tipo.

Os estojos são divididos em estojos padrão (dois de cada tipo) e questionados e realizados os confrontos dois a dois com um padrão e questionado e um padrão. Dessa forma, no calibre 9mm foram realizados os seguintes confrontos:

- EQIIIxEP3
- EQIIIxEP4
- EQIVxEP3
- EQIVxEP4

Sendo EQ a abreviatura de estojo questionado e EP a de estojo padrão. Do mesmo modo foram feitos os confrontos com o calibre .40pol:

- EQIxEP1
- EQIxEP3
- EQIIIxEP1
- EQIIIxEP3

Nos calibres .223pol e 7,62mm foram realizados os seguintes confrontos:

- EQxEP1
- EQxEP2

No caso do calibre 7,62mm pela baixa disponibilidade de amostras, foi realizado somente a matriz de resultados, sem a criação dos correspondentes gráficos, que foram apresentados na seção de resultados.

As numerações não começam do primeiro valor porque foi adotada a numeração desenvolvida em estudo anterior na Polícia Federal, sendo que foram selecionados os estojos com mais chances de apresentar marcas pela maior quantidade de pólvora.

Com esses dados obtidos, as características mecânicas das munições e do disparo foram estudadas de modo a entender como cada um de seus parâmetros pode influenciar positivamente ou negativamente.

## **4.2 AFERIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DOS ESTOJOS**

Tomou-se como interesse para a medição o comportamento mecânico antes do disparo, porque é esta configuração que estará suscetível às marcas provocadas pela arma. Sendo assim, os estojos foram separados dos projéteis através do martelo de separação e posteriormente esvaziado do seu conteúdo propelente.

Em seguida foi realizada a percussão da espoleta com disparo do estojo na arma ou manualmente através de martelo e chave Philips, com os devidos equipamentos de proteção individual.

Estes procedimentos foram realizados na sede da Polícia Federal em Brasília. As medições de características mecânicas foram realizadas no laboratório de materiais e de metrologia da Universidade de Brasília.

A rugosidade foi o primeiro ensaio a ser realizado porque a dureza poderia comprometer outras medições de modo a influenciar o resultado se cuidados não fossem tomados.

Para tal foram separadas duas amostras de cada um dos estojos em estudo, sendo eles:

- Dois estojos 9 mm Luger
- Dois estojos 9 mm +p+
- Dois estojos 5,56 mm
- Dois estojos 7,62x51 mm
- Dois estojos 7,62x39 mm

### **4.2.1 RUGOSIDADE**

O exame de rugosidade foi realizado no laboratório de metrologia da UnB, utilizando equipamentos especializados para tal. Primeiramente foram realizados ensaios com o rugosímetro portátil para definir o cut-off.

Existem duas situações diferentes na seleção do valor de cut-off necessário para efetuar uma medição de rugosidade: quando o perfil da peça é periódico e quando é aperiódico. Como o estojo é feito através de conformação mecânica, sem usinagem, o perfil no caso é aperiódico.

Quando o perfil é periódico (torneamento, aplainamento, etc.), o valor de cut-off depende da distância entre os sulcos deixados pelo avanço da ferramenta no processo de usinagem. Já quando o perfil é aperiódico, o valor de cut-off tem relação com o grau de rugosidade média  $R_a$  a ser avaliado. Estes perfis onde não se consegue ver a periodicidade da ondulação, normalmente são resultantes de esmerilhamento, retificação, fresagens de contorno e frontal sem inclinação, alargamento, deformação, etc. Para definir o valor aproximado da rugosidade pode-se usar inicialmente o valor de cut-off aproximado, geralmente de valor 0,8 mm, conforme tabela 3.

Tabela 3 – Determinação do comprimento de amostragem para perfis aperiódicos, baseados no parâmetro  $R_a$  e  $R_z$ . Fonte: Costa (2010)

Rugosidade $R_a$ ( $\mu\text{m}$ )	Rugosidade $R_z$ ou $R_{m\acute{a}x}$ ( $\mu\text{m}$ )	$l_e$ (mm)	$l_m$ (mm)
até 0,1	até 0,5	0,25	1,25
de 0,1 até 2,0	de 0,5 até 10,0	0,80	4,00
de 2,0 até 10,0	de 10,0 até 50	2,50	12,50
acima de 10,0	acima de 50,0	8,00	40,00

Como as medições de  $R_a$  ficaram entre 0,1 e 2  $\mu\text{m}$ , foi utilizado o cut-off de 0,8mm e realizadas as medições com o mesmo rugosímetro portátil.

Foram realizadas três medições de  $R_a$ ,  $R_q$  e  $R_z$ , de modo a garantir uma melhor estimativa dos parâmetros através da análise das médias, variâncias e desvios padrões da média. Estes resultados serão apresentados em seção posterior.

#### 4.2.2 DUREZA

Materiais mais moles tem mais facilidade de receberem marcas características, mas justamente por serem moles podem apresentar muitas marcas aleatórias que não sejam importantes e confundam o sistema.

Para materiais mais duros ocorre justamente o contrário, onde há poucas marcas, podendo omitir marcas que sejam importantes. Sendo assim, dureza do estojo é um fator relevante para relacionar a efetividade do sistema.

Dessa forma, buscou-se estabelecer a influência da dureza da munição na efetividade do sistema e determinar qual das configurações apresenta os melhores resultados.

De cada um dos estojos separados foi realizado um ensaio de dureza Vickers repetido oito vezes com dez quilogramas força (10 kgf), tendo em vista a pequena espessura do estojo. As medições foram realizadas próximo a base para não causar deformação no estojo devido ao oco da ausência de propelente, (Figura 65).

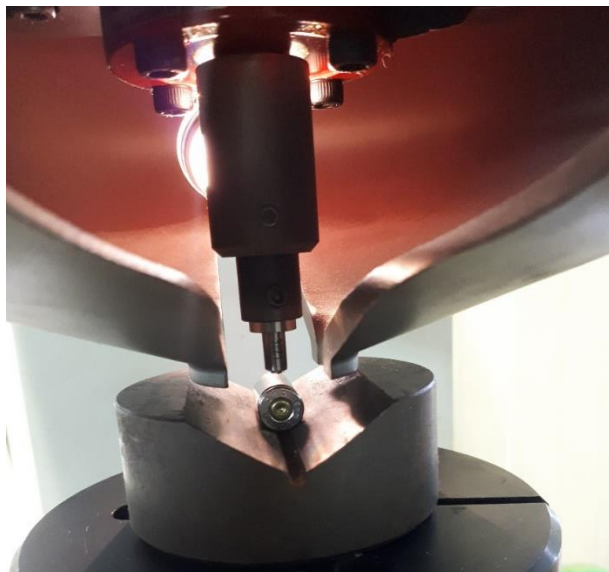


Figura 65 – Realização do ensaio de dureza em estojo. Fonte: autor

Um fato relevante sobre a medição foi já encontrar no estojo marcas de medição de dureza Vickers de dimensões similares, o que indica que a própria fabricante realiza testes de confiança da mesma forma, dando garantia da solidez do procedimento adotado.

As marcações do penetrador surgem no microscópio como um losango, visível na figura 66. Este tem suas duas medidas principais avaliadas através de um grande paquímetro eletrônico presente na máquina. Esta medição está sujeita a erros de histerese e variação local das propriedades. Por esse motivo, são realizadas tantas repetições.



Figura 66 – Losango causado pelo penetrador no material. Fonte: autor

### 4.2.3 PRESSÃO

A medição da pressão é importante para relacioná-la às marcas que surgem e consequentemente a eficiência do sistema. Um material mais duro, mas submetido às altas pressões de uma quantidade maior de pólvora possa ser o que produza a melhor eficiência do sistema, por exemplo.

Devido à indisponibilidade de recursos para realizar a medição da pressão em laboratório através de equipamento especializado, esta será calculada a partir de dados fornecidos pelo fabricante (Tabela 4).

Tabela 4 – Dados fornecidos pela fabricante de munição. Fonte: CBC, 2012

TABELA BALÍSTICA			CALIBRE 9 mm LUGER (9X19 mm)			Utilização Recomendada
Projétil			Balística			
Tipo	Cód	Peso (gr)	V (m/s)	E (joule)	Provete (cm)	
NTA - Non Toxic Ammunition Encamisado Obturado Ogival	EOOG	124	338	459	10,2	Destinada a treinamento. Não gera gases ou resíduos tóxicos durante o disparo, pois possui projétil totalmente encapsulado, mistura iniciadora livre de metais pesados e pólvora química sem fumaça.
Chumbo Ogival Treina	CHOG	124	338	459	10,2	Destinada ao treinamento. Pode ser utilizada em submetralhadoras, pois o nível de pressão permite tanto o disparo semiautomático quanto o automático.
Encamisado Total Ogival	ETOG	115	346	446	10,2	Projétil de grande penetração e que funciona com perfeição em qualquer tipo de arma semiautomática.
Encamisado Total Ogival	ETOG	124	338	459	10,2	
Expansivo Ponta Plana Flat	EXPP	95	410	517	10,2	Projétil expansivo de alto impacto.
Encamisado Total Ponta Plana Subsônico	ETPP	147	302	434	10,2	Destinadas ao uso prioritário em armas com supressores de ruído (silenciadores).
Expansivo Ponta Oca	EXPO	115	352	462	10,2	Características balísticas e expansão adequadas para uso policial.
Cobre Expansivo Ponta Oca +P+ Copper Bullet Tactical	CXPO	92,6	435	568	10,2	Projétil monobloco de cobre com camada de estanho, que possibilita aumento de velocidade e energia. Apresenta excelente expansão em alvos diretos e grande penetração em alvos indiretos, com menor perda de massa. Ótimo desempenho em armas com cano inferior a 4".

As tabelas balísticas estão divididas por calibre e fornecem a identificação de cada munição, a velocidade e energia do seu projétil (os valores expressos são nominais, obtidos em provetes com comprimento indicado nas tabelas), e as recomendações para sua adequada utilização (CBC,2012).

Sabemos que a energia cinética do projétil é dada por:

$$E_c = \frac{m * V^2}{2} \quad (14)$$

Onde “m” indica a massa do projétil e “V” a velocidade do mesmo. Além disso, temos que:

$$W = \Delta E_c \quad (15)$$

$$W = \int F * dr \quad (16)$$

Onde “W” indica o trabalho realizado sobre o projétil, “F” é a força que empurra o projétil e “dr” o diferencial de comprimento. Fazendo uma simplificação de considerar que a força é constante ao longo da queima, de modo a tirar “F” da integral, e que a energia cinética no início é zero, temos que:

$$\frac{m * V^2}{2} = F * \int dr \quad (17)$$

A integral de “dr” é equivalente ao comprimento percorrido, que é o comprimento do projétil fornecido pela tabela, que será chamado de “pr”. Desse modo temos:

$$F = \frac{m * V^2}{2 * pr} \quad (18)$$

Sabemos que também que:

$$P = \frac{F}{A} \quad (19)$$

Onde “P” é a pressão na câmara e “A” é a área da base do projétil, que pode ser calculado através da área da circunferência de diâmetro equivalente ao calibre do projétil (d):

$$A = \frac{\pi * d^2}{4} \quad (20)$$

Já realizando as substituições e simplificações temos que:

$$P = \frac{2 * m * V^2}{pr * \pi * d^2} \quad (21)$$

As informações das munições necessárias ao estudo seguem na tabela 5, todos valores já convertidos para o Sistema Internacional.

Tabela 5 – Informações relevantes sobre as munições utilizadas. Fonte: CBC (2012)

Munição	Tipo	Cód	Diâmetro (m)	Massa (kg)	V (m/s)	E (J)	Projete (m)
9mm	Expansivo Ponta Oca	EXPO	0,009	0,115	352	462	0,102
	Expansivo Ponta Oca +P+ Gold	EXPO +P+	0,009	0,115	405	610	0,102
.40'	Cobre Expansivo Ponta Oca	CXPO	0,01016	0,13	390	641	0,102
	Expansivo Ponta Oca	EXPO	0,01016	0,155	367	677	0,102
5,56 mm	Encamisado Total Pontagudo	EIPT	0,00556	0,055	990	1745	0,61
7,62x51 mm	Comum	-	0,00762	0,144	858	3243	0,56

### 4.3 VERIFICAÇÃO DA CORRELAÇÃO

A correlação entre os dados será dada através de gráficos de dispersão, procurando por possíveis regressões e pelo coeficiente de correlação, dado por:

$$\rho = \frac{cov(X,Y)}{\sqrt{var(X) * var(Y)}} \quad (22)$$

Onde X e Y indicam as matrizes de valores utilizados, sendo X sempre a eficiência do sistema e Y um dos parâmetros mecânicos, como pressão e dureza. A covariância e a variância são dadas por:

$$cov(X,Y) = \frac{1}{n} * \left( \left( \sum x_i * y_i \right) - \frac{1}{n} * \left( \sum x_i \right) * \left( \sum y_i \right) \right) \quad (23)$$

$$var(X) = \frac{(\sum(x_i - x_{méd}))}{n} \quad (24)$$

Onde  $x_i$  e  $y_i$  são os respectivos valores da matriz X e Y,  $x_{méd}$  correspondem a média dos valores e n a quantidade de elementos.

O coeficiente de correlação de Pearson ( $\rho$ ) é um grau de relação entre duas variáveis quantitativas e exprime o grau de correlação através de valores situados entre -1 e 1.

Quando o coeficiente de correlação se aproxima de 1, nota-se um aumento no valor de uma variável quando a outra também aumenta, ou seja, há uma relação linear positiva. Quando o coeficiente se aproxima de -1, o valor de uma variável aumenta o da outra diminui, sendo chamado de correlação negativa ou inversa.

Um coeficiente de correlação próximo de zero indica que não há relação entre as duas variáveis, e quanto mais eles se aproximam de 1 ou -1, mais forte é a relação, como ilustrado na figura 67.



Figura 67 – Indicação do comportamento do índice de correlação de Pearson. Fonte: ABG Consultoria estatística (2017)

Com os índices de correlação e gráficos de dispersão é possível se ter uma noção de quais parâmetros são mais relevantes e para a efetividade do sistema.

Em certos momentos será calculado o desvio padrão da média, de modo a dar uma melhor ideia da variabilidade do conjunto de dados. Este é calculado da seguinte forma:

$$D.P.M. = \frac{\sigma(X)}{x_{méd}} \quad (25)$$

Onde  $\sigma(X)$  indica o desvio padrão do conjunto de dados X e  $x_{méd}$  representa sua média.



## 5 RESULTADOS

*Este capítulo é dedicado a apresentação dos principais resultados alcançados pelo trabalho e análises dos mesmos.*

### 5.1 RESULTADOS DO SISTEMA

#### 5.1.1 EFETIVIDADE PARA O CALIBRE 9 MM

Os resultados apresentados pelo software para o calibre 9 mm são apresentados de forma resumida na tabela 6, onde os valores indicados representam as posições no ranque das melhores respostas dadas pelo confronto por análise do *Breach Face* (BF) e *Firing Pin* (FP). A coloração é relevante para facilitar a identificação e realce visual das armas que apresentaram o melhor desempenho.

Tabela 6 – Melhores respostas do sistema para o calibre 9mm. Fonte: autor

ARMA	EQIII X EP3		EQIII X EP4		EQIV X EP3		EQIV X EP4	
	FP	BF	FP	BF	FP	BF	FP	BF
	RESP	RESP	RESP	RESP	RESP	RESP	RESP	RESP
18	1	21	1	21	4	21	10	18
19	1	21	1	12	1	21	1	2
20	21	1	21	1	1	1	1	1
21	1	1	1	1	1	1	1	1
22	1	21	15	2	21	1	2	6
23	21	21	1	2	5	21	1	21
24	1	1	1	1	1	1	1	1
25	1	21	1	7	21	5	21	1
26	1	4	21	1	1	1	21	3
27	1	6	1	2	1	5	6	20
28	1	13	1	1	21	17	1	9
29	1	1	1	5	16	13	21	5
30	21	5	21	21	21	21	15	21
31	1	21	21	21	21	7	21	21
32	1	21	1	16	1	1	1	1
33	1	21	2	5	1	21	6	21
34	1	21	1	21	1	21	1	21
35	1	2	1	16	1	21	1	21
36	1	16	1	1	1	21	1	1
37	1	16	1	21	1	2	1	21
38	1	8	1	8	1	21	1	21
39	2	21	1	21	3	21	1	21
40	1	1	3	10	1	7	1	1
41	4	21	1	21	21	21	11	21
42	21	21	21	21	1	21	1	21
43	1	21	1	21	1	21	1	21
44	21	21	1	21	1	21	1	21
45	1	7	1	7	1	21	1	12

Dessa tabela podemos averiguar que a efetividade varia consideravelmente de uma arma para outra e que a maioria dos resultados positivos decorrem da análise do *Firing Pin*. Além disso, podemos produzir os gráficos de efetividade por arma, reproduzidos no anexo XIII deste relatório devido à grande quantidade de dados.

Além disso, obtemos os resultados pelas diversas configurações através dos gráficos ilustrados nas figuras 68 e 69. EQIII e P3 no contexto do calibre 9mm representa a munição +p+ (EXPO +P+) e o QIV e P4 a munição niquelada (EXPO).

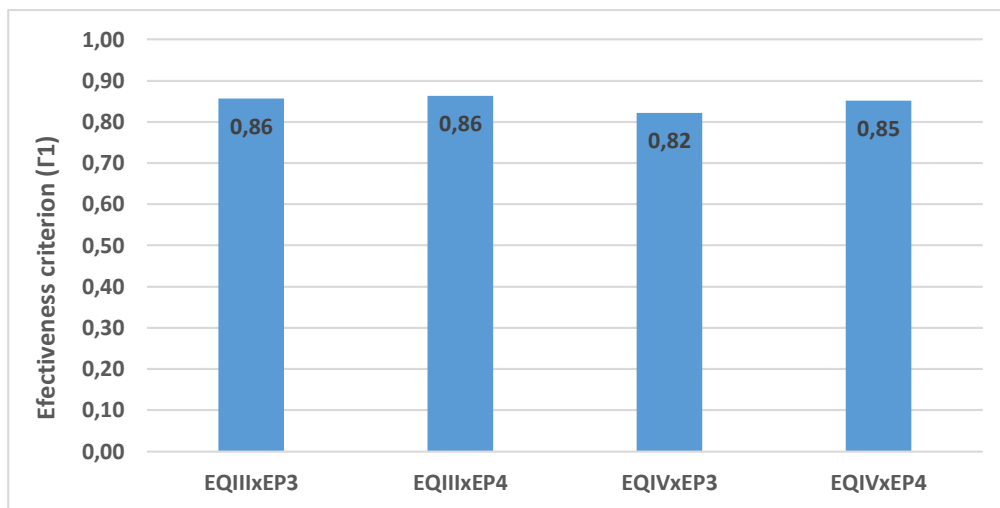


Figura 68 – Resultados do sistema por configuração do calibre 9mm. Fonte: autor

O resultado das configurações para o calibre 9mm revelam uma pouca variação da efetividade entre cada modelo, mas o modelo +p+ apresentou resultados ligeiramente melhores.

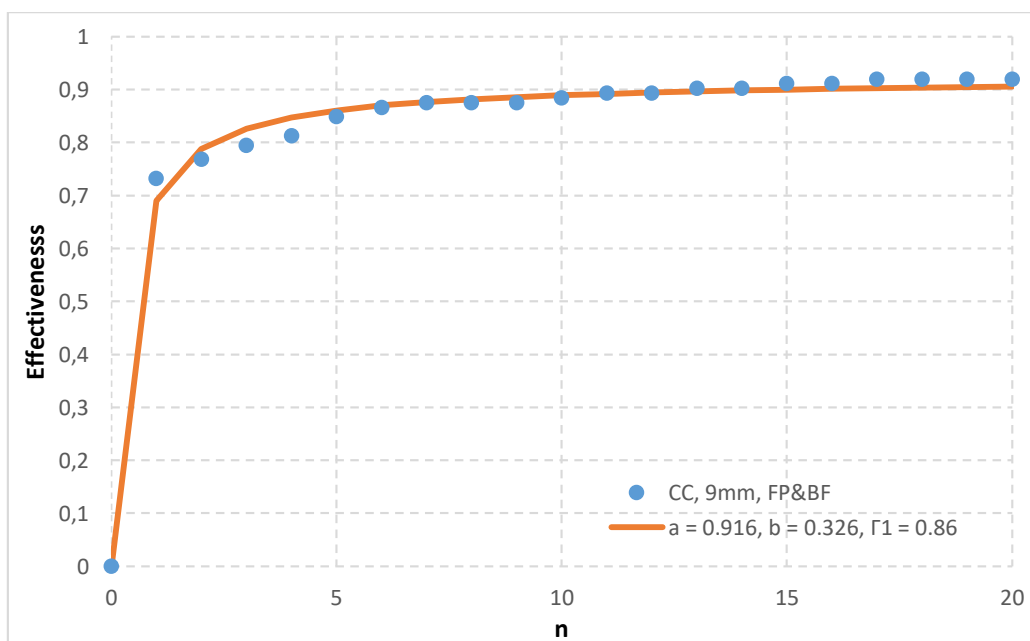


Figura 69 – Resultado Geral para o calibre 9mm. Fonte: autor

Através do cálculo da área da hipérbole aproximada através do ponto, obtivemos uma efetividade geral de 86%.

### 5.1.2 EFETIVIDADE PARA O CALIBRE .40 POL

Os resultados apresentados pelo software para o calibre .40 pol são apresentados de forma resumida na tabela 7, da mesma forma como para o calibre 9mm.

Tabela 7 – Melhores respostas do sistema para o calibre .40 pol. Fonte: autor

ARMA	EQI X EP1		EQI X EP3		EQIII X EP1		EQIII X EP3	
	FP	BF	FP	BF	FP	BF	FP	BF
	RESP	RESP	RESP	RESP	RESP	RESP	RESP	RESP
1	1	21	1	1	1	10	6	1
2	1	3	8	3	21	21	9	21
3	1	21	1	21	1	21	1	1
4	3	21	10	21	5	18	7	1
5	21	1	10	21	21	21	21	21
6	1	8	1	5	1	12	1	5
7	1	1	1	16	1	17	1	9
8	1	4	1	2	1	4	1	7
9	1	11	1	4	1	8	2	19
10	1	1	12	1	12	3	21	1
11	1	1	10	21	2	21	1	2
12	11	1	21	21	20	21	21	21
13	1	4	1	21	1	11	1	21
14	1	1	1	13	1	21	1	19
15	1	1	1	4	1	21	1	21
16	1	4	21	21	1	12	15	8
17	1	1	1	1	1	2	1	1
18	1	3	1	1	1	19	1	10
19	1	1	1	1	1	3	1	12
20	1	10	21	21	1	8	21	5
21	2	5	21	21	10	15	21	18

Dessa tabela podemos produzir os gráficos de efetividade por arma, reproduzidos no anexo XIII deste relatório devido à grande quantidade de dados.

Além disso, obtemos os resultados pelas diversas configurações através dos gráficos das figuras 70 e 71. No contexto do calibre .40 pol temos que EQI e P1 refere-se à munição latonada (CXPO) e Q3 e P3 à munição niquelada (EXPO).

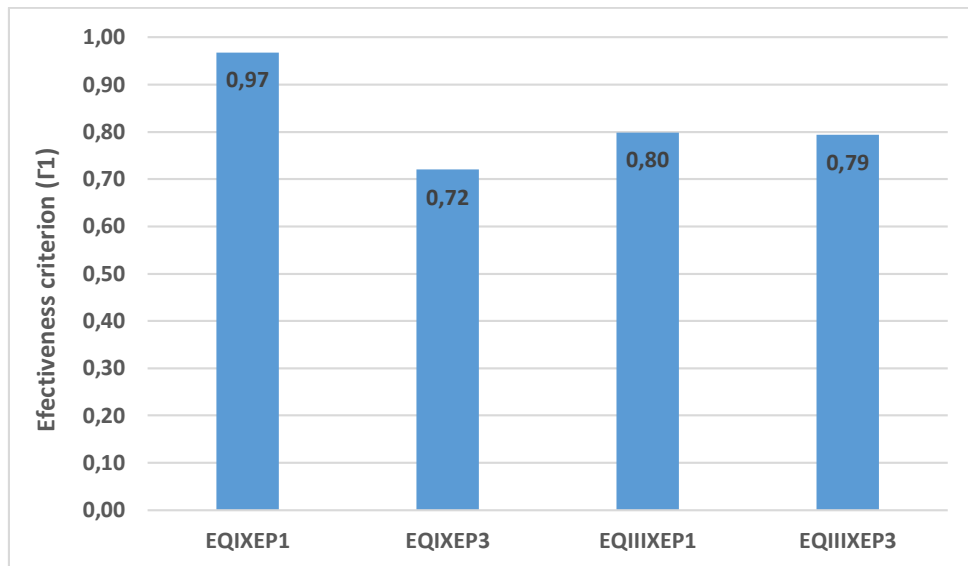


Figura 70 – Resultados do sistema por configuração do calibre .40 pol. Fonte: autor

O resultado das configurações para o calibre .40 pol revela uma maior variação da efetividade entre cada modelo. A munição do tipo 1 apresentou a maior variabilidade por ter o melhor e o pior resultado. A do tipo 3 apresentou a maior consistência pela baixa variação.

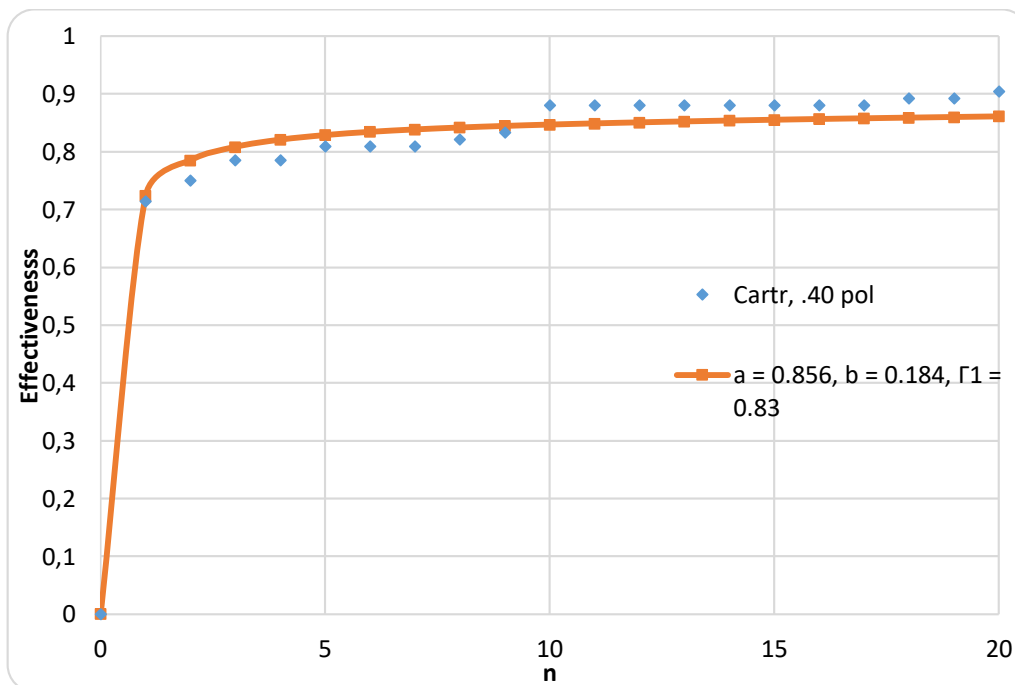


Figura 71 – Resultados do sistema por configuração do calibre .40 pol. Fonte: autor

Através do cálculo da área da hipérbole aproximada através do ponto, obtivemos uma efetividade geral de 83%.

### 5.1.3 EFETIVIDADE PARA O CALIBRE 5,56 MM

Os resultados apresentados pelo software para o calibre 5,56 mm são apresentados de forma resumida na tabela 8, da mesma forma como para os calibres anteriores.

Tabela 8 – Melhores respostas do sistema para o calibre 5,56 mm. Fonte: autor

ARMA	EQ X EP1		EQ X EP2	
	FP	BF	FP	BF
	RESP	RESP	RESP	RESP
1	1	8	1	8
2	20	21	12	21
3	4	20	10	21
4	10	6	3	4
5	21	1	21	21
6	1	1	1	11
7	21	1	2	1
8	8	6	1	1
9	21	1	21	1
10	1	21	20	21
11	1	1	3	10
12	1	1	1	1
13	1	12	1	1
14	1	13	1	2
15	1	5	1	5
16	1	5	1	7
17	11	14	21	15
18	12	7	21	21
19	1	3	3	7
20	1	1	21	21
21	1	11	1	1

No caso do calibre 5,56 mm há pouca variabilidade de munições, o que não permite uma maior informação do comportamento da arma de acordo com os parâmetros do tiro. Dessa forma, não foram produzidos gráficos da eficiência por arma.

Além disso, no contexto do calibre 5,56 mm todas as munições são do mesmo tipo, sendo selecionados de maneira aleatória o questionado e os padrões para o estudo. As figuras 72 e 73 indicam os resultados para os confrontos do questionado com os padrões e a efetividade geral do sistema para o calibre, respectivamente.

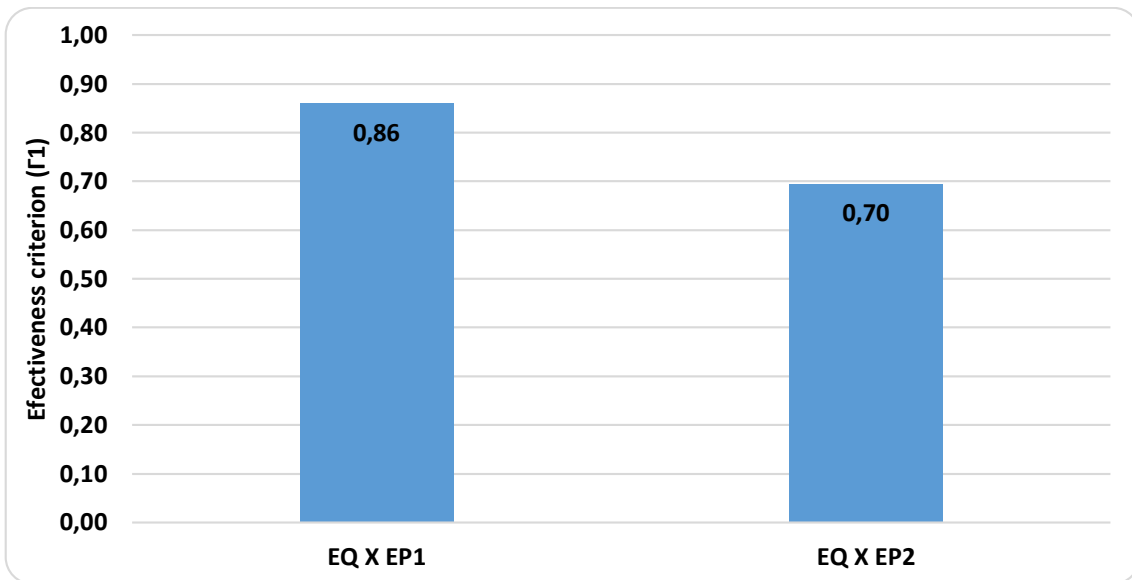


Figura 72 – Resultados do sistema por configuração do calibre 5,56 mm. Fonte: autor

Como as munições possuem as mesmas características, o resultado do confronto indica uma grande variabilidade do resultado, independente dos parâmetros mecânicos. Apesar disso, há um bom índice de eficiência, acertando na maioria dos casos.

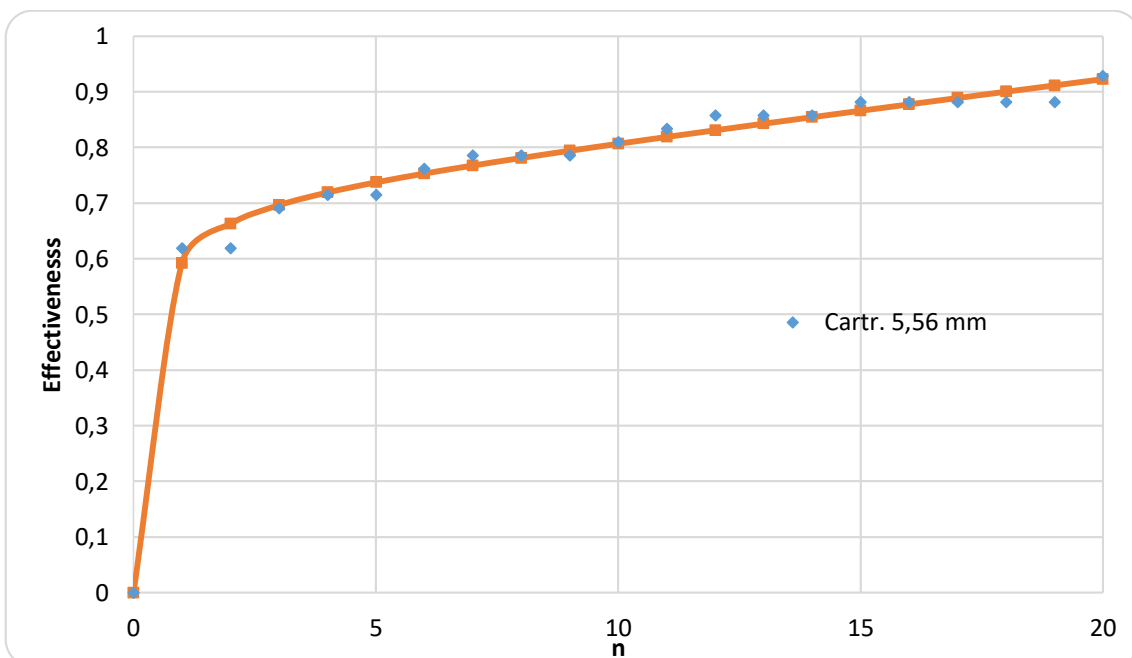


Figura 73 – Resultados geral do sistema do calibre 5,56 mm. Fonte: autor

A regressão hiperbólica dos dados apresentou um resultado de eficiência do sistema de aproximadamente 79%.

### 5.1.4 EFETIVIDADE PARA O CALIBRE 7,62 MM

Os resultados do sistema para o calibre 7,62 mm são apresentados de forma resumida na tabela 9. Esta mescla tanto os resultados do estojo x51 (à esquerda) quando o x39 (à direita). Isto foi feito devido à não disponibilidade de fuzis para realizar o disparo das munições, podendo ser utilizados apenas os cartuchos encontrados em crimes anteriores pela Polícia Federal.

No caso do x51, a armas começam da segunda porque o sistema apresentou uma falha que impediu de realizar o confronto dos cartuchos.

Tabela 9 – Melhores respostas do sistema para o calibre 7,62 mm (x51 e x39). Fonte: autor

7,62x51	ARMA	RESPOSTAS		7,62x39	ARMA	RESPOSTAS	
		FP	BF			FP	BF
EQ X EP1	2	1	2	EQ X EP1	1	1	2
	3	7	6		2	7	21
	4	7	9		3	1	1
EQ X EP2	2	1	1	EQ X EP2	1	2	3
	3	2	3		2	21	7
	4	8	4		3	21	1

Pelo mesmo motivo do calibre 5,56 mm não foram produzidos os gráficos por arma devido à baixa variabilidade de munições neste calibre, sendo todas iguais e escolhidas de forma aleatórias.

Como foram poucas armas e baixa variabilidade das munições nesse calibre, não foi produzida a regressão hiperbólica para este calibre, sendo produzidos apenas os gráficos de distribuição acumulada da efetividade para o modelo x51 e x39 e suas comparações, mostrados nas figuras 74, 75 e 76, respectivamente.

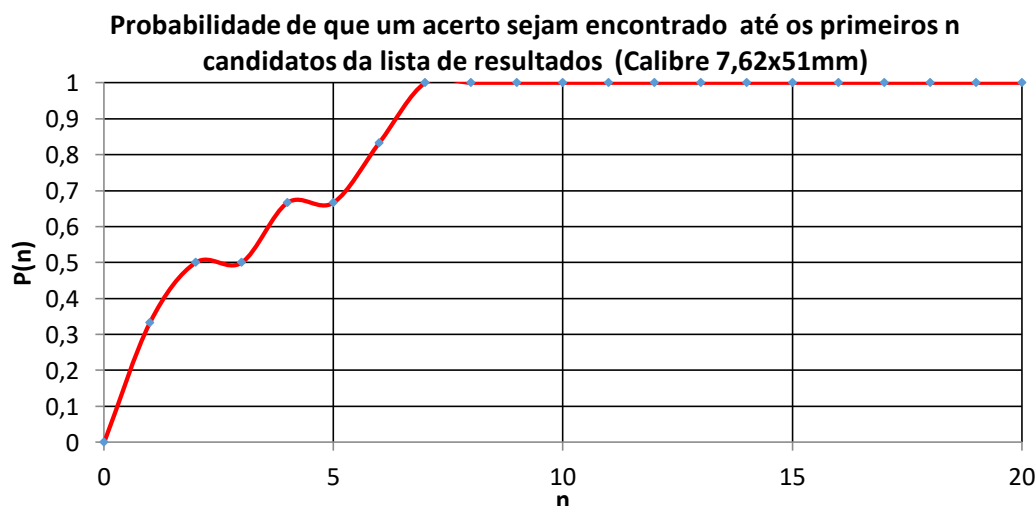


Figura 74 – Resultados do sistema para o calibre 762x51 mm por distribuição acumulada. Fonte: autor

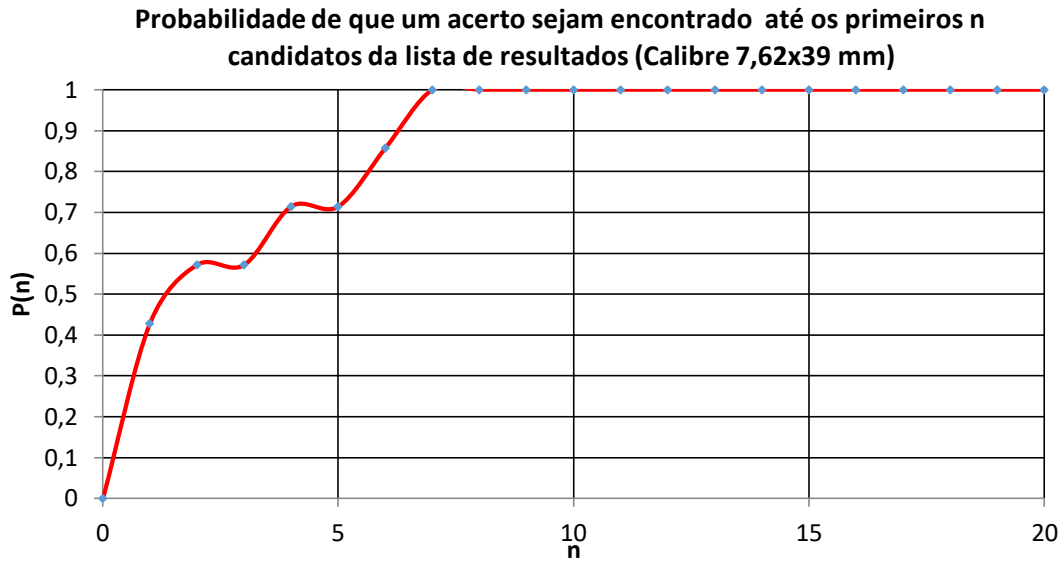


Figura 75 – Resultados do sistema para o calibre 7,62x39 mm por distribuição acumulada. Fonte: autor

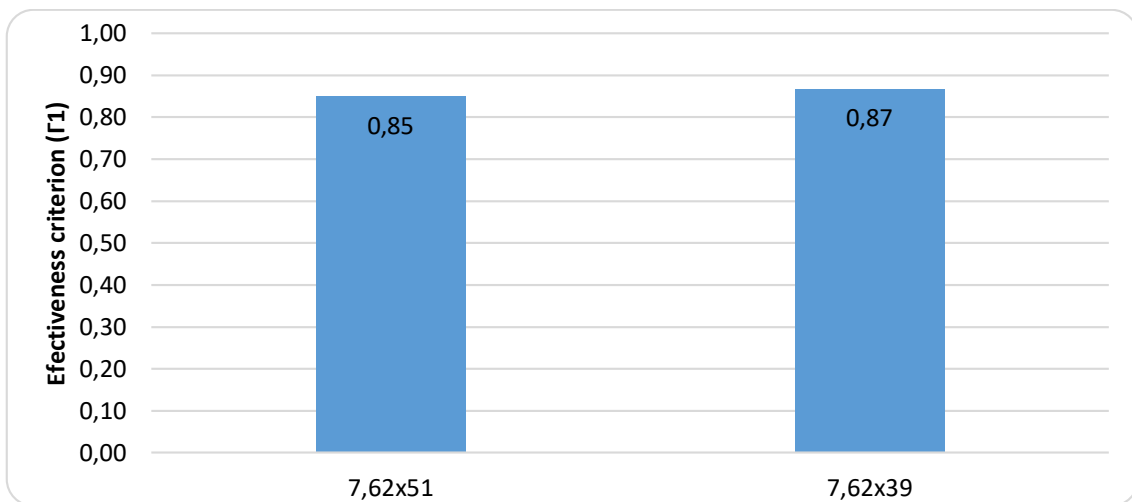


Figura 76 – Resultados do sistema para o calibre 7,62 mm. Fonte: autor

É notório que ambas as munições apresentaram boa efetividade e baixa variabilidade, inclusive com gráficos de distribuição acumulada bastante similares, o que indica um comportamento bastante próximo de ambos os casos.

## 5.2 PROPRIEDADES MECÂNICAS

As propriedades mecânicas foram medidas nos estojos esvaziados e inferidas a partir de tabelas comerciais disponibilizadas por fabricantes de munição e os resultados são apresentados nesta seção através de tabelas e gráficos.



## 5.2.1 RUGOSIDADES DOS CALIBRES

A rugosidade foi medida através dos três parâmetros fornecidos pelo equipamento disponível no laboratório de metrologia, sendo os resultados indicados na tabela 10 e figura 77, referentes ao Ra, tabela 11 e figura 78, referentes ao Rz e tabela 12 e figura 79, referentes ao Rq.

As linhas de Ra indicam os valores obtidos pelas medições, “Des.” indica o desvio padrão das medições, e “D.P.M” indica o desvio padrão da média, de modo a ter uma melhor noção da variabilidade dos parâmetros.

Tabela 10 – Rugosidade Ra dos estojos estudados. Fonte: autor

	9 mm luger		9 mm ++		.40' latona.		.40' niquel.		5,56 mm		7,62x51 mm		7,62x39 mm	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Ra ( $\mu\text{m}$ )	0,29	0,4	0,12	0,14	0,23	0,21	0,16	0,3	0,19	0,26	0,16	0,11	0,92	0,79
	0,25	0,28	0,11	0,21	0,41	0,56	0,43	0,26	0,38	0,24	0,14	0,2	0,62	1,37
	0,17	0,25	0,19	0,38	0,36	0,34	0,15	0,34	0,25	0,14	0,21	0,4	0,81	0,73
Des.	0,06	0,08	0,04	0,12	0,09	0,18	0,16	0,04	0,10	0,06	0,04	0,15	0,15	0,35
D.P.M	0,26	0,26	0,31	0,51	0,28	0,48	0,64	0,13	0,36	0,30	0,21	0,63	0,19	0,37
média	0,24	0,31	0,14	0,24	0,33	0,37	0,25	0,30	0,27	0,21	0,17	0,24	0,78	0,96

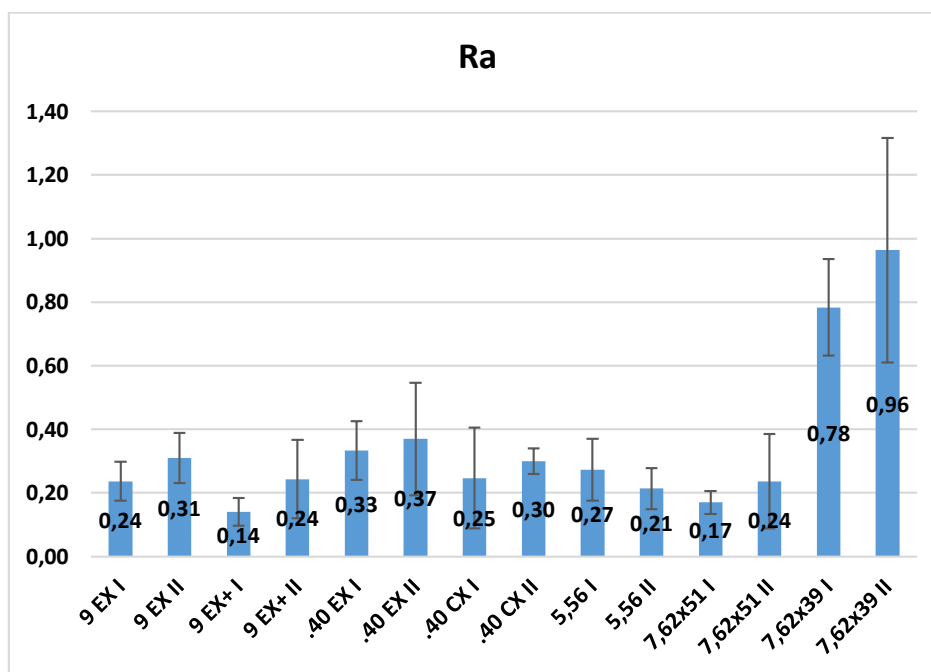


Figura 77 – Médias das rugosidades Ra comparadas por estajo. Fonte: autor

Tabela 11 – Rugosidade Rz dos estojos estudados. Fonte: autor

	9 mm luger		9 mm +p+		.40' latona.		.40' niquel.		5,56 mm		7,62x51 mm		7,62x39 mm	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Rz ( $\mu\text{m}$ )	1,23	2,02	0,99	0,8	1,54	1,71	1,17	2,03	1,5	1,34	1,45	0,85	4,15	4,36
	1,61	1,65	0,92	0,95	1,96	2,46	1,25	1,83	2,04	1,34	0,96	1,57	3,3	6,89
	1,52	1,72	2,1	2,17	2,4	1,98	1,09	1,91	1,7	0,95	1,74	2,96	3,83	4,99
Des.	0,20	0,20	0,66	0,75	0,43	0,38	0,08	0,10	0,27	0,23	0,39	1,07	0,43	1,32
D.P.M	0,14	0,11	0,50	0,58	0,22	0,19	0,07	0,05	0,16	0,19	0,29	0,60	0,11	0,24
média	1,45	1,80	1,34	1,31	1,97	2,05	1,17	1,92	1,75	1,21	1,38	1,79	3,76	5,41

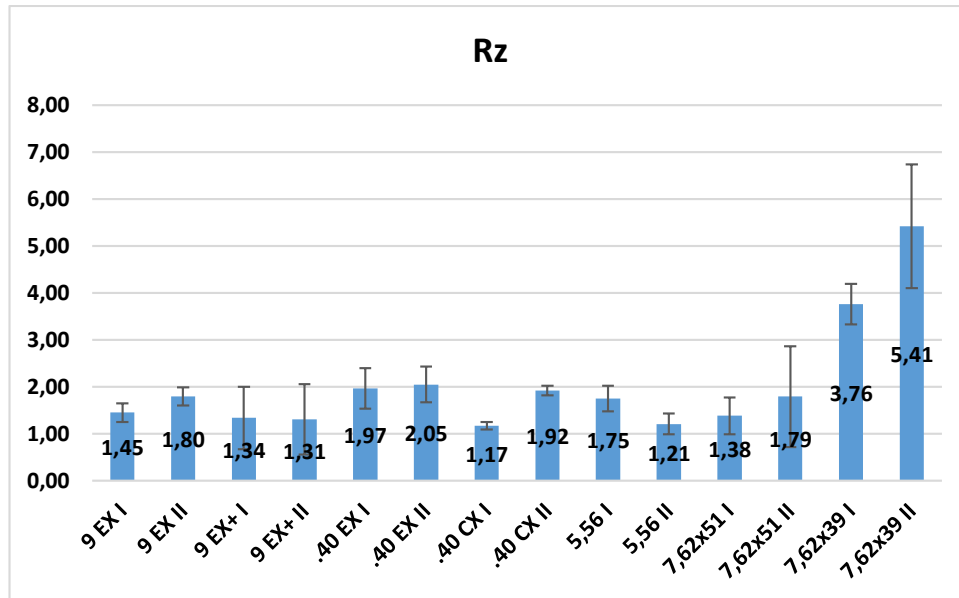


Figura 78 – Médias das rugosidades Rz comparadas por estojo. Fonte: autor

Tabela 12 – Rugosidade Rq dos estojos estudados. Fonte: autor

	9 mm luger		9 mm +p+		.40' latona.		.40' niquel.		5,56 mm		7,62x51 mm		7,62x39 mm	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Rq ( $\mu\text{m}$ )	0,36	0,49	0,16	0,17	0,29	0,28	0,2	0,38	0,26	0,31	0,22	0,15	1,09	0,95
	0,32	0,34	0,15	0,24	0,5	0,66	0,48	0,34	0,45	0,3	0,17	0,26	0,79	1,66
	0,23	0,34	0,28	0,46	0,47	0,43	0,19	0,42	0,31	0,18	0,29	0,57	1,01	0,97
Des.	0,07	0,09	0,07	0,15	0,11	0,19	0,16	0,04	0,10	0,07	0,06	0,22	0,16	0,40
D.P.M	0,22	0,22	0,37	0,52	0,27	0,42	0,57	0,11	0,29	0,27	0,27	0,67	0,16	0,34
média	0,30	0,39	0,20	0,29	0,42	0,46	0,29	0,38	0,34	0,26	0,23	0,33	0,96	1,19

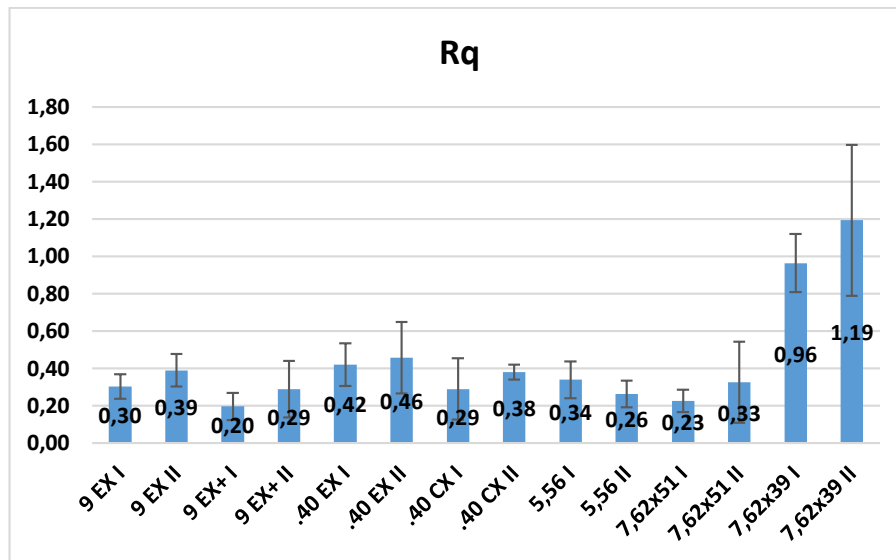


Figura 79 – Médias das rugosidades Rq comparadas por estojo. Fonte: autor

Os gráficos e tabelas indicam um comportamento muito similar dos estojos para os parâmetros de rugosidade, mas com algumas variações de posição como é o caso do calibre 5,56mm.

## 5.2.2 DUREZA DOS CALIBRES

As durezas foram obtidas através de ensaio Vickers com carga de 10kgf, sendo as medidas e resultados indicados através da tabela 13 e gráfico da figura 80.

Tabela 13 – Medições e resultados das durezas. Fonte: autor

	9mm EXPO		9mm EXPO +P+		.40 EXPO		.40 CXPO		5,56 mm ETPT		7,62x51		7,62x39	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Med. (HV)	201,80	193,50	202,30	206,40	191,20	196,20	172,40	164,10	199,00	207,60	210,80	203,70	207,60	190,10
	207,70	194,80	206,10	213,10	195,70	200,00	180,60	168,00	206,90	210,30	212,90	210,00	209,90	191,60
	208,50	201,90	210,90	213,40	197,20	200,60	181,90	172,80	210,60	210,50	216,70	212,20	210,50	196,60
	215,70	202,10	212,60	223,90	199,10	200,70	191,20	173,00	213,50	210,80	217,00	214,90	216,00	197,30
	217,10	209,20	218,00	225,80	201,80	213,50	194,00	175,40	216,80	211,80	217,30	217,50	216,40	203,80
	217,20	210,70	218,50	228,30	202,20	216,10	194,20	177,80	218,00	214,30	223,10	218,20	220,90	203,80
	217,60	218,90	220,20	239,20	202,50	222,80	197,90	180,10	218,40	218,60	225,50	222,00	224,40	205,10
	217,80	220,80	228,30	247,90	202,80	235,20	202,80	186,30	221,70	225,60	227,90	228,50	226,80	209,90
md.	216,40	205,65	215,30	224,85	200,45	207,10	192,60	174,20	215,15	211,30	217,15	216,20	216,20	200,55
média	212,93	206,49	214,61	224,75	199,06	210,64	189,38	174,69	213,11	213,69	218,90	215,88	216,56	199,78
des.pad.	6,09	10,21	8,34	13,94	4,14	13,68	10,16	6,94	7,40	5,82	6,03	7,58	7,04	6,97
D.P.M.	0,03	0,05	0,04	0,06	0,02	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03

A tabela 13 indica os valores medidos pelo equipamento, sendo os resultados indicados em HV. A linha “md.” indica o valor da mediana calculado pela média dos valores da linha quatro

com a cinco. Através da comparação da mediana com a média é possível notar uma grande tendência de centralidade das medidas.

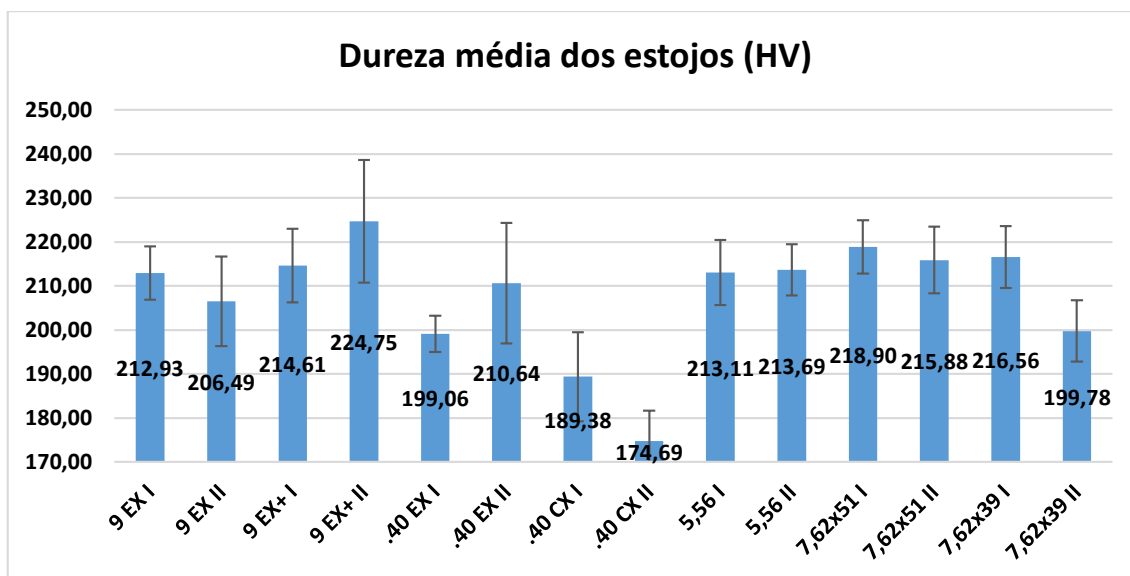


Figura 80 – Resultados do sistema por configuração do calibre 9mm. Fonte: autor

Com o gráfico fica evidente há variabilidade da dureza dos estojos, mas esta é supervalorizada pois o eixo y não parte do zero, de modo a intensificar visualmente a variação.

A maior dureza identificada foi a do estojo +p+, o que faz sentido tendo em vista que, por ser do calibre 9mm, possui uma baixa espessura, mas precisa resistir a pressões elevadas devido a maior quantidade de pólvora em seu interior, necessitando de uma maior dureza.

A menor dureza ficou com os estojos de .40 pol, o que indica que as características intermediárias, tanto de espessura quanto de pressão se completam, não sendo necessária uma dureza tão elevada.

### 5.2.3 PRESSÃO DOS CALIBRES

A pressão foi calculada através da fórmula (22), demonstrada na seção de procedimentos e utilizando as tabelas balísticas que se encontram nos anexos IX, X, XI e XII deste relatório. As propagações de erro foram desconsideradas tendo em vista que somente o parâmetro central será utilizado no cálculo da correlação entre os parâmetros.

Desse modo, foi produzida a tabela 14 que indica a pressão teórica calculada dos estojos e o gráfico da figura 81 de modo a facilitar a comparação entre os valores.

Tabela 14 – Pressão teórica calculada dos estojos estudados. Fonte: autor

Munição	Tipo	Cód	Pressão (MPa)
9mm	Expansivo Ponta Oca	EXPO	1097,94
	Expansivo Ponta Oca +P+ Gold Hex	EXPO +P+	1453,46
.40'	Cobre Expansivo Ponta Oca	CXPO	1195,54
	Expansivo Ponta Oca	EXPO	1262,28
5,56 mm	Encamisado Total Pontagudo	ETPT	1819,84
7,62x51 mm	Comum	7,62	2075,48

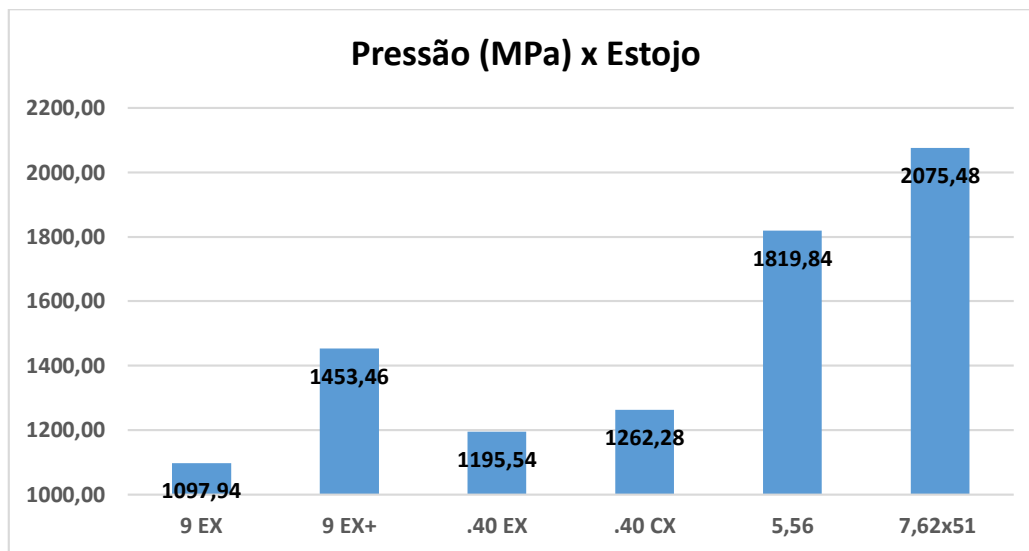


Figura 81 – Pressão teóricas calculadas dos estojos estudados. Fonte: autor

Vale ressaltar que não foram encontrados dados comerciais sobre o calibre 7,62x39 por não ser uma munição comum, principalmente no Brasil.

O gráfico indica o crescimento da pressão de acordo com o calibre, sendo exceção apenas o 9mm +p+, justamente por conter uma quantidade superior de propelente, mas ainda ficando muito inferior comparado os estojos ombreados de 5,56mm e 7,62mm.

### 5.3 CORRELAÇÕES VERIFICADAS

Por fim, com os dados do sistema e das características mecânicas, podemos efetuar o cruzamento dos mesmo de modo a buscar evidências de relação entre os parâmetros.

Como já explicado, será utilizado para tal tabelas, gráficos de dispersão e o índice de correlação de Pearson para sintetizar tudo.

A tabela 15 indica de forma resumida a efetividade e os parâmetros mecânicos de cada tipo de estojo, já tiradas as devidas médias entre as configurações repetidas, em ordem crescente de efetividade.

Tabela 15 – Quadro resumo da efetividade e dos parâmetros medidos. Fonte: autor

Tipo	Efetividade	Pressão (Mpa)	Rugosidade ( $\mu\text{m}$ )			Dureza (HV)
			Ra	Rz	Rq	
5,56	78%	1819,84	0,24	1,48	0,30	213,40
.40 CX	80%	1262,28	0,27	1,55	0,34	182,03
9 EX	84%	1097,94	0,27	1,63	0,35	209,71
.40 EX	84%	1195,54	0,35	2,01	0,44	204,85
7,62x51	85%	2075,48	0,20	1,59	0,28	217,39
9 EX +	86%	1453,46	0,19	1,32	0,24	219,68
7,62x39	87%	-	0,963	5,413	1,193	208,17

Da tabela 15 foram separadas duas colunas para ser analisado cada parâmetro de forma separada. O primeiro é a pressão teórica do tiro na tabela 16, depois as rugosidades em 17 (Ra), 18 (Rz) e 19 (Rq) e por último a dureza em 20, todas em ordem crescente do parâmetro em estudo.

Das tabelas de 16 a 20, foram produzidos os gráficos de dispersão das figuras 82 a 86, respectivamente.

Tabela 16 – Comparação entre a pressão teórica do tiro e a efetividade do sistema.

Fonte: autor

Tipo	Pressão	Efetividade
9 EX	1097,94	84%
.40 EX	1195,54	84%
.40 CX	1262,28	80%
9 EX +	1453,46	86%
5,56	1819,84	78%
7,62x51	2075,48	85%
Correlação	-0,088	
Covariância	-0,923	

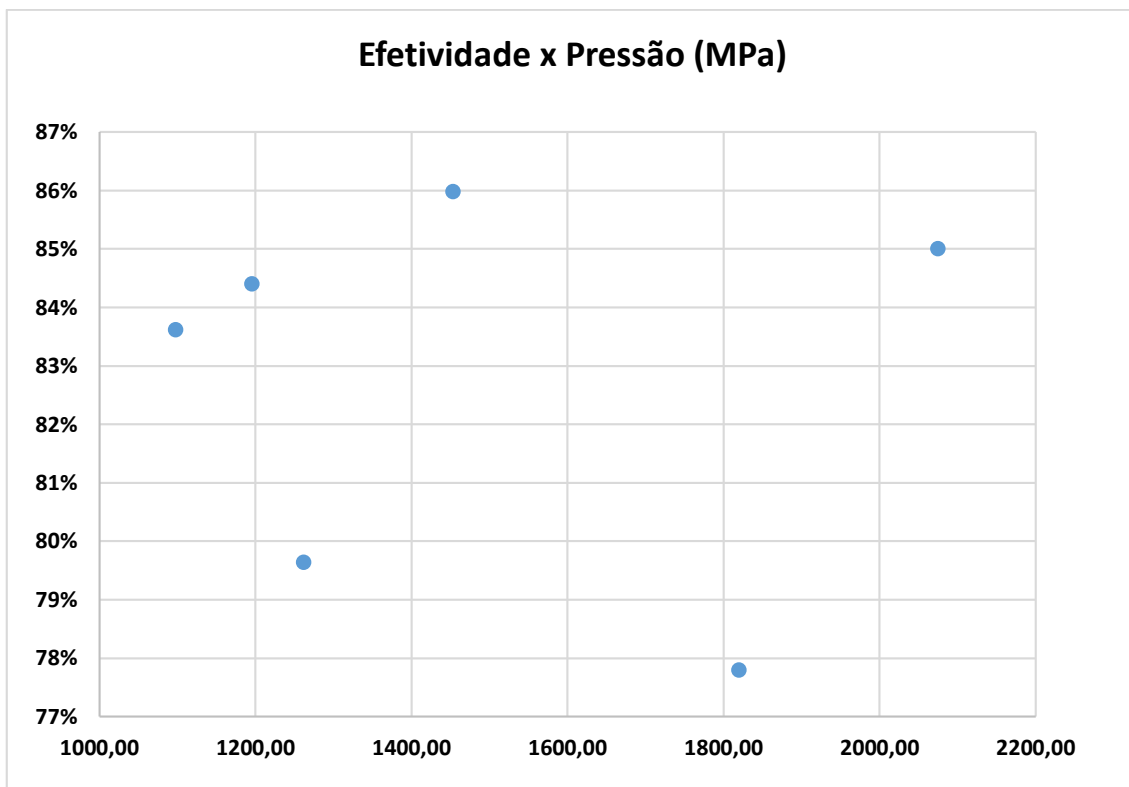


Figura 82 – Gráfico de dispersão da efetividade pela pressão (MPa). Fonte: autor

A correlação medida entre a efetividade e a pressão teórica do tiro revela uma muito baixa correlação linear negativa, de modo que podemos concluir que, para a faixa de pressão em estudo, a variação de pressão não é muito relevante, podendo ser diferente em tiros mais potentes como de obuses, mas que não se enquadram nesse estudo nem no contexto de ciências forenses.

Tabela 17 – Comparação entre parâmetro Ra da rugosidade e a efetividade do sistema.

Fonte: autor

Tipo	Ra ( $\mu\text{m}$ )	Efetividade
9 EX +	0,19	86%
7,62x51	0,20	85%
5,56	0,24	78%
9 EX	0,27	84%
.40 CX	0,27	80%
.40 EX	0,35	84%
7,62x39	0,96	87%
Correlação	0,4405	
Covariância	0,0035	

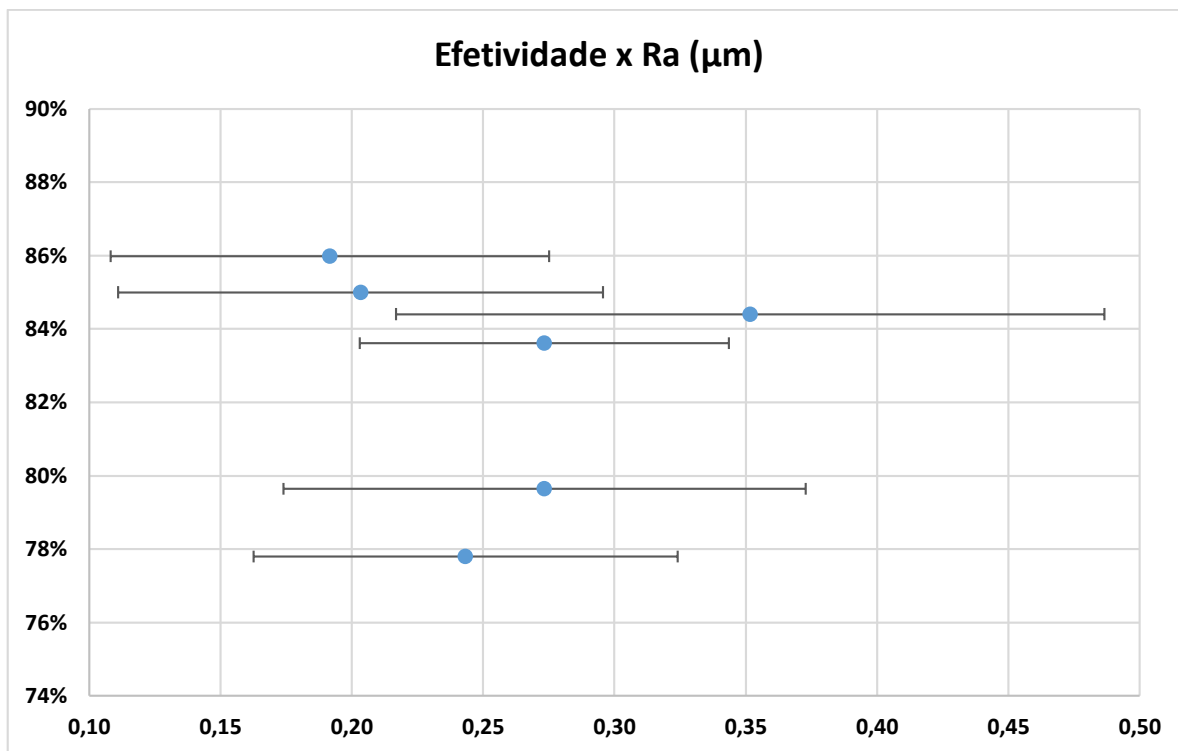


Figura 83 – Gráfico de dispersão da efetividade pelo parâmetro Ra da rugosidade. Fonte: autor

A correlação medida entre os parâmetros indica uma correlação linear positiva intermediária, ou seja, há uma tendência de que, aumentando o parâmetro Ra da rugosidade, a efetividade do sistema tende a subir. Embora seja um aumento de menor intensidade, é uma conclusão importante sobre o comportamento do sistema.

Vale também o destaque do cartucho 7,62x39 que obteve a maior eficiência e possui a maior rugosidade, fortalecendo a inferência entre a correção.

Tabela 18 – Comparação entre parâmetro Rz da rugosidade e a efetividade do sistema.

Fonte: autor

Tipo	Rz (μm)	Efetividade
9 EX +	1,32	86%
5,56	1,48	78%
.40 CX	1,55	80%
7,62x51	1,59	85%
9 EX	1,63	84%
.40 EX	2,01	84%
7,62x39	5,41	87%
Correlação	0,4890	
Covariância	0,0207	



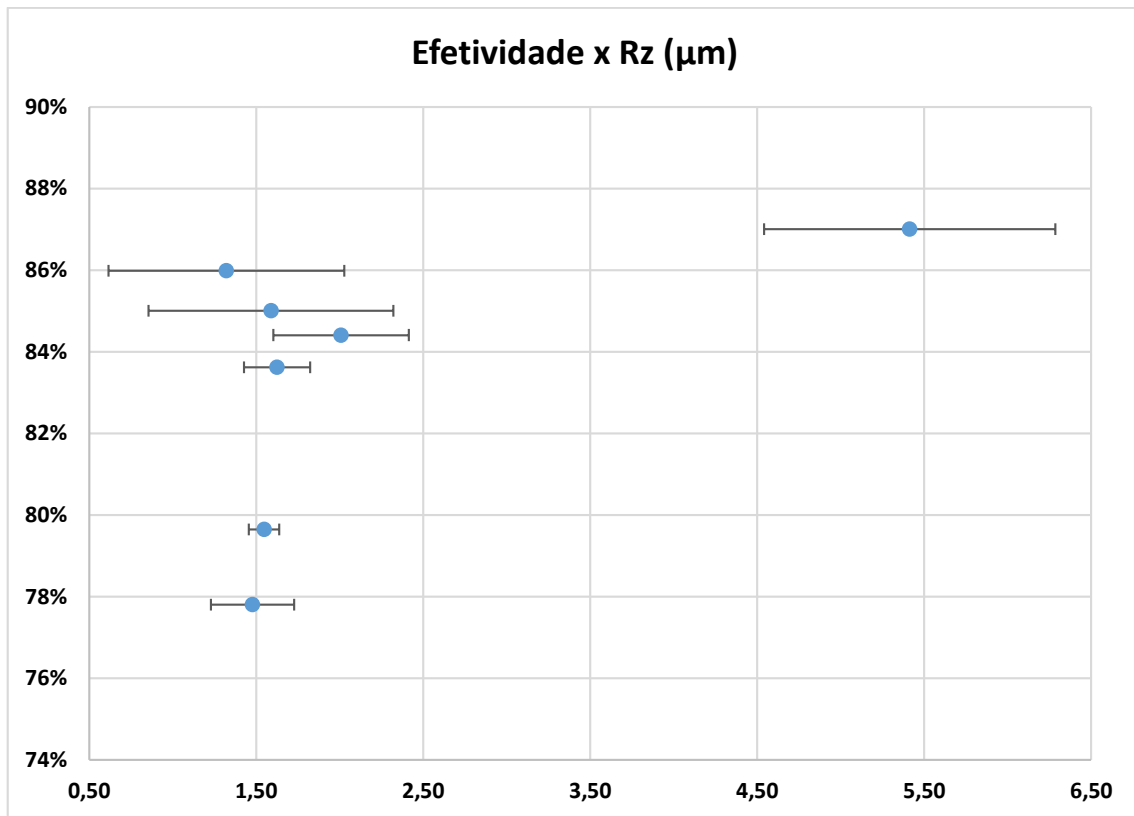


Figura 84 – Gráfico de dispersão da efetividade pelo parâmetro Rz da rugosidade. Fonte: autor

Os mesmos resultados são replicados para o parâmetro Rz da rugosidade, mas com uma correlação ligeiramente maior. Mas aqui os dados foram mais discrepantes, sendo muito puxados pelos extremos de modo que retirada da matriz os valores do cartucho 7,62x39mm (maior) a correlação cai para 14,4% e se retirada e retirando os dados do 9 EX + sobe para 63,1%.

Tabela 19 – Comparação entre parâmetro Rq da rugosidade e a efetividade do sistema.

Fonte: autor

Tipo	Rq (µm)	Efetividade
9 EX +	0,24	86%
7,62x51	0,28	85%
5,56	0,30	78%
.40 CX	0,34	80%
9 EX	0,35	84%
.40 EX	0,44	84%
7,62x39	1,19	87%
Correlação	0,4554	
Covariância	0,0044	

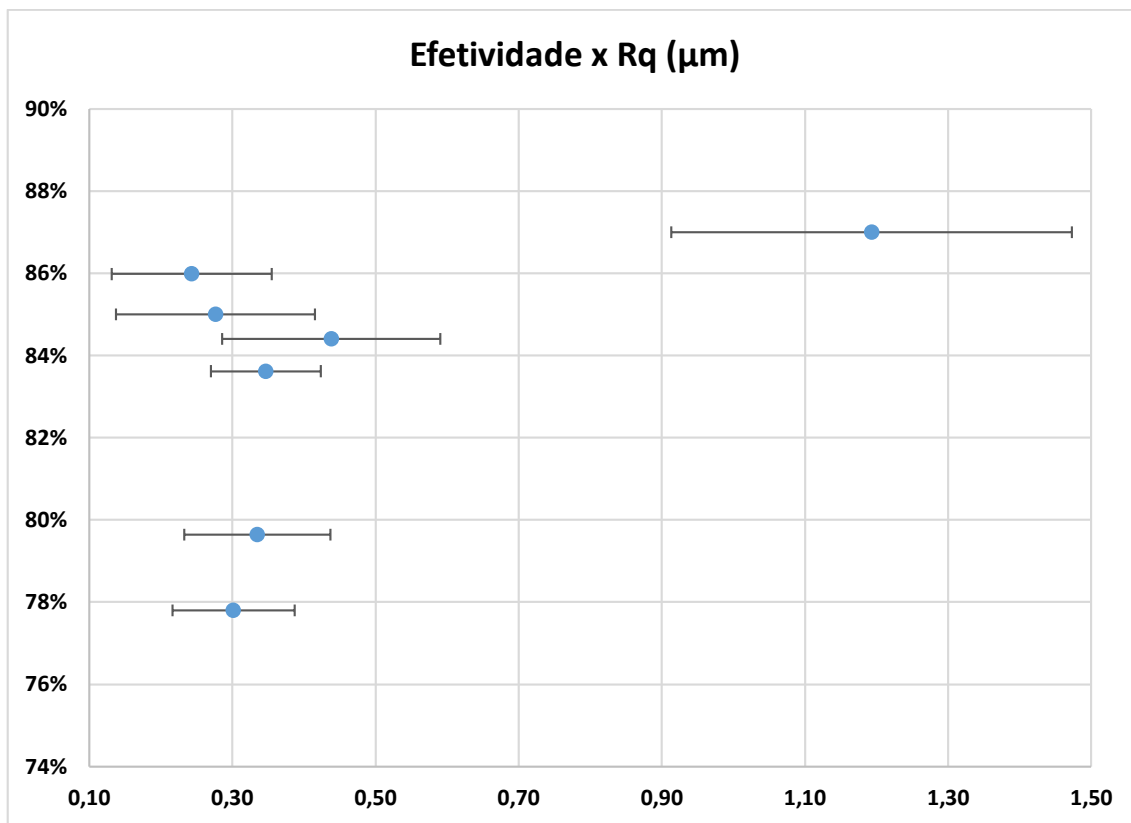


Figura 85 – Gráfico de dispersão da efetividade pelo parâmetro Rq da rugosidade. Fonte: autor

O resultado do gráfico de dispersão do Rq ficou praticamente idêntico ao de Ra, principalmente pela forte ligação que essas medidas possuem. Mas devido às raízes aplicadas ao Rq, esse atenua os valores extremos, levando a uma correlação um pouco maior e mais consistente.

Tabela 20 – Comparação entre a dureza da munição e a efetividade do sistema. Fonte: autor

Tipo	Dureza (HV)	Efetividade
.40 CX	182,03	80%
.40 EX	204,85	84%
7,62x39	208,17	87%
9 EX	209,71	84%
5,56	213,40	78%
7,62x51	217,39	85%
9 EX +	219,68	86%
Correlação	0,4336	
Covariância	0,1575	

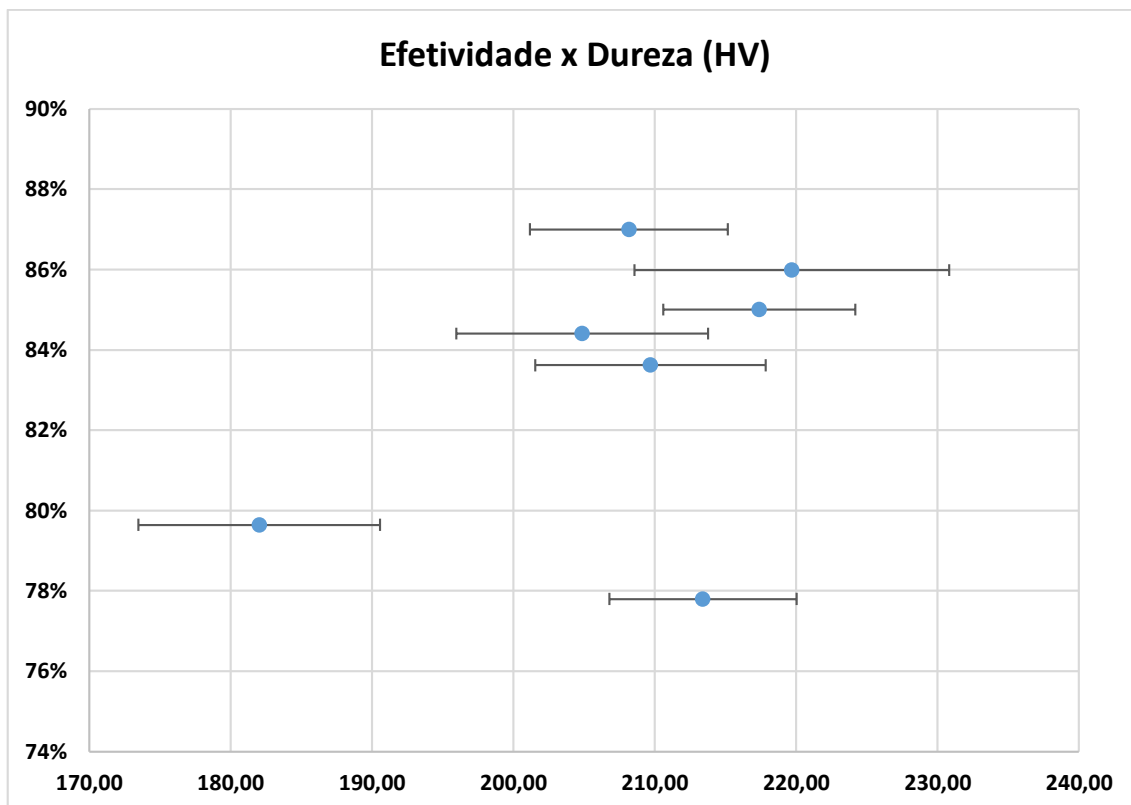


Figura 86 – Gráfico de dispersão da efetividade pela dureza do estojo. Fonte: autor

O valor encontrado indica uma correlação linear positiva intermediária, no valor de 43,36%. Nesse caso a correlação sofreu forte interferência do estojo de 5,56mm, sem o qual a correlação chegaria a 84,73%.

Com os resultados obtidos, foi montada a tabela 21, que indica de forma resumida a correção de acordo com cada um dos parâmetros medidos. Podemos ver que os melhores resultados são os da rugosidade Rz e dureza, que se aproximam bastante de 50%, o que deve ser melhor investigado em trabalhos futuros.

Tabela 21 – Tabela resumo de correlação entre a efetividade e parâmetros mecânicos.

Fonte: autor

Parâmetros	Correlação	Covariância
Pressão	-8,80%	-0,9231
Ra	44,05%	0,0035
Rz	48,90%	0,0207
Rq	45,54%	0,0044
Dureza	43,36%	0,1575

Além disso, foi identificado uma forte influência do estajo 5,56 mm nos resultados da correlação. Para ilustrar foi montada a tabela 22 onde são mostrados os mesmos resultados da tabela 21 desconsiderando os valores do cartucho 5,56mm.

Tabela 22 – Tabela resumo de correlação entre a efetividade e parâmetros mecânicos.

Fonte: autor

Parâmetros	Correlação	Covariância
Pressão	37,69%	2,8753
Ra	45,28%	0,0028
Rz	50,88%	0,0170
Rq	46,64%	0,0036
Dureza	84,73%	0,2433

É notória a influência que ele teve principalmente no resultado da dureza, o qual quase dobrou, e da pressão, que quase quadruplicou e mudou de linearidade negativa para positiva.

## 6 DISCUSSÕES

*Este capítulo é dedicado a discutir e analisar os dados e inferências de modo a encontrar e comparar os resultados obtidos.*

A análise da lateral dos estojos não é algo frequentemente utilizado se comparado com o exame da base do estojo. Isso porque a lateral nem sempre apresenta marcas relevantes que podem ser utilizadas no confronto balístico, geralmente sendo pouco produtivo para o perito realizar a análise.

Mas para um computador, munido de um software de confronto automatizado, realizar conjuntamente a análise da base com a lateral não acrescenta dificuldade, podendo os procedimentos serem feitos a qualquer tempo.

Atualmente sistemas de confronto automatizado já conseguem atingir resultados consistentes e superiores a 70%, mas ainda há muito a ser aprimorado. Buscando melhorar essa marca, o foco do projeto se concentrou no diferencial do sistema ARSENAL, que é a possibilidade de realização do escaneamento lateral, podendo fazer um modelo completo do cartucho.

A suspeita inicial era de que quanto maior a pressão do disparo, mais evidentes seriam as marcas no estojo. Consequentemente, quanto maior o calibre da munição, melhores deveriam parecer as marcas. Essa suspeita foi fundamentada pelas marcas que surgem no estojo do calibre 7,62x51 mm, evidenciado na figura 87.

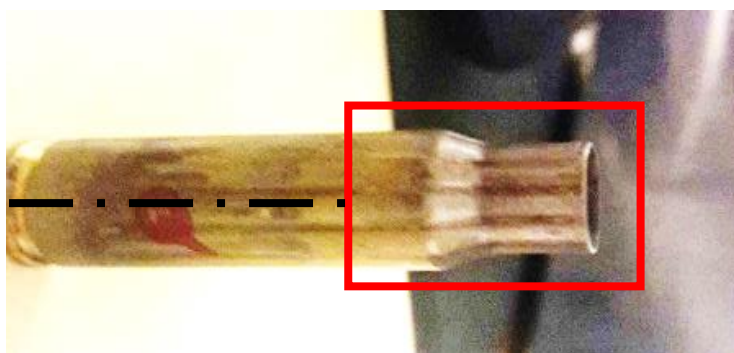


Figura 87 - Marcas paralelas ao eixo central do cartucho causadas por câmara de combustão em estojo de calibre 7,62x51 mm. Fonte: autor

Ao comparar as marcas deixadas em dois cartuchos de 7,62 diferentes disparados pela mesma arma no microscópio comparador, ficou evidente que registros muito relevantes foram deixados nas superfícies, visíveis na figura 88.

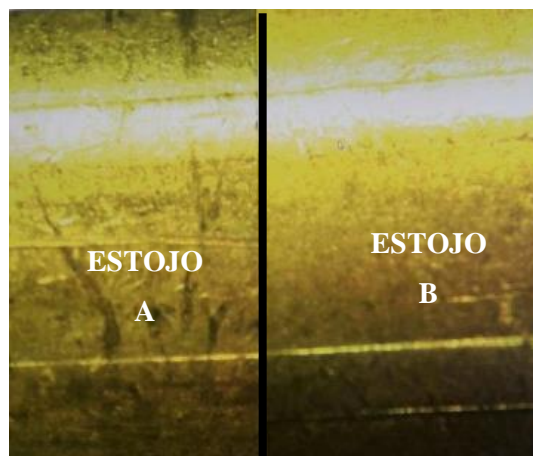


Figura 88 - Imagem feita no microscópio comparador das marcas presentes nas laterais de dois estojos de 7,62 mm disparados pela mesma arma. Fonte: autor

Essas marcas visíveis a olho nu só apareceram no caso do fuzil IMBEL M964 FAL, o que não se repetiu no fuzil HK 417, evidenciando a variabilidade de modelo de arma para outra. Todavia, as marcas confrontadas no microscópio confirmam a compatibilidade das mesmas, devendo este indicativo ser catalogado como característica específica do tiro do fuzil IMBEL, podendo refinar de pesquisas no sistema e facilitar a solução de crimes.

A eficiência do sistema foi medida para cada uma das configurações disponíveis na Polícia Federal. As durezas e rugosidades foram medidas em laboratório da Universidade da Brasília. A pressão teórica do tiro foi calculada através de catálogo de fabricante de munições. A tabela 23 apresenta todos estes dados de forma resumida e com coloração gradiente para evidenciar as variações.

Tabela 23 – Quadro resumo da efetividade e dos parâmetros medidos. Fonte: autor

Tipo	Efetividade	Pressão (Mpa)	Rugosidade ( $\mu\text{m}$ )			Dureza (HV)
			Ra	Rz	Rq	
5,56	78%	1819,84	0,24	1,48	0,30	213,40
.40 CX	80%	1262,28	0,27	1,55	0,34	182,03
9 EX	84%	1097,94	0,27	1,63	0,35	209,71
.40 EX	84%	1195,54	0,35	2,01	0,44	204,85
7,62x51	85%	2075,48	0,20	1,59	0,28	217,39
9 EX +	86%	1453,46	0,19	1,32	0,24	219,68
7,62x39	87%	-	0,963	5,413	1,193	208,17

Com esses parâmetros medidos pudemos calcular o índice de correlação de Pearson entre cada uma das colunas da tabela 23, obtendo os resultados indicados na tabela 24.

Tabela 24 – Tabela resumo de correlação e força entre a efetividade e parâmetros mecânicos. Fonte: autor

	Parâmetros	Correlação	Correlação
Efetividade x	Pressão	-0,088	0,088
	Rugosidade Ra	0,441	0,441
	Rugosidade Rz	0,489	0,489
	Rugosidade Rq	0,455	0,455
	Dureza	0,434	0,434

Na tabela 24 a última coluna é dedicada ao módulo da correlação para indicar a intensidade desta, sendo a mais fraca a pressão e a mais forte o parâmetro Rz da rugosidade.

Os dados obtidos revelam que há uma razoável correlação entre dureza e rugosidade do estojó, o que pode ser crucial para o estabelecimento de um cadastro de munição em banco de dados antes de venda, podendo fabricar uma munição especial que servirá de base para o banco de dados.

Além disso, vale ressaltar que as munições que obtiveram os maiores resultados de rugosidade (7,62x39 mm), dureza (9mm +p+) e pressão (7,62x51 mm) foram também as que obtiveram os melhores resultados de efetividade no sistema.

Apesar de tudo, não é possível concluir de forma absoluta de que há uma correlação que possa ser generalizada a partir dos parâmetros estudados por haver vários outros fatores capazes de influenciar o tiro que aqui não estão contemplados, sendo muito evidente no caso do calibre 5,56 mm, que apresentou os dados mais destoantes e pior efetividade.

Para as munições que possuem maior variabilidade, como a de 9mm e a .40, os estojos que devem ser utilizados são o 9mm EXPO +p+ e o .40 pol EXPO, por obterem os melhores resultados no sistema.

Podemos então concluir do trabalho que o estudo da efetividade das marcas presentes na lateral dos estojos deve ser explorado, constituindo um caminho no qual os sistemas de confronto balístico automatizados podem evoluir e garantir uma maior quantidade de casos sendo resolvidos no Brasil e no mundo.

Por esse motivo, seria de extrema relevância que novos estudos sejam realizados com maior diversidade de munições e parâmetros em análise, permitindo que correlações sejam melhores definidas, possibilitando generalizações através de fórmulas e gráficos.

## 7 CONCLUSÃO

*Este capítulo é dedicado a sintetizar os resultados e elucidar os objetivos alcançados, sugerindo novos caminhos e novas perspectivas.*

Este trabalho tinha por objetivo, de maneira resumida, encontrar a efetividade do sistema com a utilização de imagens da lateral do estojo; medir os parâmetros mecânicos do cartucho antes do tiro; e compará-los de modo a encontrar correlações e tendências de influência das características da munição na efetividade do confronto.

A efetividade encontrada indica um aumento considerável na efetividade comparado com sistemas sem essa ferramenta, aumentando até 20% a média de acertos do sistema, podendo auxiliar consideravelmente peritos em procedimentos de confronto balístico e se firmando como um importante meio para solução de casos.

Os parâmetros mecânicos que foram medidos podem ser utilizados em outras pesquisas relacionadas ao tema, principalmente no Brasil, onde é uma área muito pouco explorada e com bastante necessidade tendo em vista a crise na segurança pública.

As correlações indicam tendências razoáveis de correlação entre os parâmetros e a efetividade, mas a variabilidade de fatores de maneira simultânea impede que haja uma averiguação ideal, sendo necessário para tal realizar medições em estojos produzidos unicamente para esse fim, mantendo demais parâmetros e variando apenas uma característica.

Dessa forma, o maior problema encontrado no trabalho foi a variabilidade comercial, que impede que correlações mais sólidas possam ser traçadas. Além disso, muitos outros parâmetros podem ser analisados como a influência da geometria, material e rugosidade da câmara de tiro, a quantidade de propelente e seu tipo, os componentes químicos e tratamento térmico dos estojos, desgaste dos componentes pela quantidade de tiros, variação entre fabricante, entre outros. Estes podem se revelar mais importantes para a efetividade do sistema, podendo também serem realizados com características controladas.

O objetivo final para esses estudos seriam desenvolver um banco de dados competente que dispusesse de uma munição com as melhores características para identificação digitalizada de modo a, antes de uma arma ser vendida, ser cadastrada nesse banco e sempre que um artefato balístico seja encontrado possa ser correlacionado com um dono automaticamente.



## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACCURATE SHOOTER DAILY BULLETIN. **The Science of Annealing - Facts Uncovered, Myths Busted.** Disponível em: <http://bulletin accurateshooter.com>. Consultado em: 18/06/2018
- ABG Consultoria estatística. **Coefficientes de correlação.** Publicado em 14 de agosto de 2017. Consultado em 19 de novembro de 2018. Disponível em: <http://www.abgconsultoria.com.br/blog/coeficientes-de-correlacao/>
- ALVES, Eduardo Bruno **Munição É Bala Ou Não É?** 2012. Disponível em: <https://1911armasdefogo.com/2017/07/20/municao-e-bala-ou-nao-e/>
- ALRO Steel. **Properties of 260 Brass Alloy.** Alro Industrial Supplies. Disponível em: [https://www.alro.com/divsteel/metals\\_gridpt.aspx?gp=0165&gpn=260](https://www.alro.com/divsteel/metals_gridpt.aspx?gp=0165&gpn=260)
- BAKER, H. et al. **ASM Handbook, vol. 3, Alloy Phase Diagrams,** ASM International, Materials Park, Ohio, USA, 1992.
- BAKU, Pollyanna. **Estriamento bem visível de um Carro de combate Royal Ordnance L7.** 7 de agosto de 2005. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Estriamento#/media/File:105mm\\_tank\\_gun\\_Rifling.jpg](https://pt.wikipedia.org/wiki/Estriamento#/media/File:105mm_tank_gun_Rifling.jpg)
- BECK Ammunition. **Tipos de Propelentes Utilizados em Armas Subsônicas** (Traduzido). Fevereiro de 2008, Disponível em: <https://beckammunition.com/>
- CABANA Sport. **Artigos De Tiro Esportivo, Caça e Pesca.** Cabana Sport, São Paulo. Disponível em: <http://www.lojacabanaspport.com.br/>
- CAMM, Frederick James. **Newnes Engineer's Reference Book.** George Newnes. p. 594. Em 1949.
- CDA. **Publication 117 The Brasses – Properties & Applications.** Copper Development Association. 30 de outubro de 2012.
- CEUSTER, Jan De; DUJARDIN, Sylvain. **The reference ballistic imaging database revisited.** Forensic Science International, Vol. 248, p. 82-87, 2015.
- COMBANHIA BRASILEIRA DE CARTUCHOS. **Tipos de cartuchos e suas especificações.** Disponível em: <http://www.cbc.com.br/municoes-para-pistolas-subcat-1.html>. Consultado em: 18/06/2018
- COSTA, Hamilton Nunes. **Apostila Rugosidade Superficial nas Operações de Torneamento.** Senai Sta. Bárbara D'oeste – Fundação Rom. 2010.
- DEL-CAMPO, Eduardo Roberto Alcântara. **Universidade de São Paulo.**

- GARRIDO, Rodrigo Grazinoli; Giovanelli, Alexandre (20 de agosto de 2012).  
Criminalística: origens, evolução e descaminhos. Cadernos de Ciências Sociais Aplicadas. Consultado em 08/09/2018
- GHOSH, Swapan Kumar (2008). **Self-healing materials: fundamentals, design Strategies, and applications** (1st ed.). Weinheim: Wiley - VCH. p. 145. ISBN 978-3-527-31829-2.
- GOUVEIA, Leandro. **Como É Feito Um Cano De Alma Raiada**. Disponível em: <http://balisticabrasil.blogspot.com/2016/07/como-e-feito-um-cano-de-alma-raiada.html>
- GUPTA, Neelam Kumar. **Expansão Do Projétil De Ponta Oca**. 2 de outubro de 2014. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Muni%C3%A7%C3%A3o#/media/File:Typical\\_expansion.png](https://pt.wikipedia.org/wiki/Muni%C3%A7%C3%A3o#/media/File:Typical_expansion.png)
- HEARD, Brian J. **Handbook of firearms and ballistics: examining and interpreting forensic evidence**. 2ª edição. Chichester: John Wiley & Sons, 2008. 419p.
- KWAK, Young Hoon. **Journal of Management in Engineering**. ASCE Library, maio de 2014.
- KELLY, Jack (2009). **Gunpowder: Alchemy, Bombards, and Pyrotechnics: The History of the Explosive That Changed the World**. [S.l.]: Basic Books. 79 páginas. ISBN 9780786739004
- JOSSO, Bruno; BURTON, David R.; LALOR, Michael J. **Frequency normalised wavelet transform for surface roughness analysis and characterisation**. Wear, v. 252, n. 5, p. 491-500, 2002.
- OSH, Canadian Centre for occupational Health and Safety. **Answers Fact Sheets**. Dezembro de 2011. Disponível em: [https://www.ccohs.ca/oshanswers/safety\\_haz/hand\\_tools/nonsparking.html](https://www.ccohs.ca/oshanswers/safety_haz/hand_tools/nonsparking.html)
- PASSOS, Anny; NETO, Carlos F. Paula. **Cartuchos, Pólvoras e Projéteis - Noções Básicas**. Portal do tiro, Santa Catarina. Disponível em: <https://www.portaldotiro.com/artigos-tecnicos/municao/228-cartuchos-polvoras-e-projeteis-nocoes-basicas>
- RABELLO, Eraldo. **Balística Forense**. 3ª edição. Porto Alegre: Sagra-DC Luzzato, 1995. 488p.
- RECREATIONAL SOFTWARE, INC. **PressureTrace II**. Disponível em: <https://www.shootingsoftware.com/>. Consultado em: 18/06/2018
- SAAMI, Sporting Arms and Ammunition Manufacturer's Institute. **Unsafe Firearm-Ammunition Combinations**. SAAMI, 6 de março 2012.

- SANTOS, Lehi Sudy. **Avaliação de Parâmetros que Afetam a Efetividade da Comparação Balística Automatizada**' 27/11/2015 139 f. Mestrado em CIÊNCIAS MECÂNICAS Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, Brasília Biblioteca Depositária:  
<http://repositorio.unb.br/handle/10482/19471>
- SANTOS, Lehi Sudy; MUTERLLE, Palloma Vieira. **Influence Factors Regarding the Effectiveness of Automated Ballistic Comparison on 0.38 Special Caliber Bullets and Cartridge Cases**. Journal of Forensic Sciences, 2018.
- SCHADE, Albert II. **Crime Scene Interactive**. Disponível em:  
<http://knightschade.wixsite.com/csinteractive>
- SCHAFER, Elizabeth D. (2008). **Ancient Science and Forensics**. [S.l.]: Salem Press. ISBN 9781587654237
- SCHLOSSMACHER, Lucas. **Desenvolvimento de motores-foguete para espaçomodelos** (TCC de Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.
- SEBASTIANY, Ana Paula; PIZZATO, Michelle Camara; PINO, José Cláudio Del; SALGADO, Tania Denise Miskinis. **A utilização da Ciência Forense e da Investigação Criminal como estratégia didática na compreensão de conceitos científicos**. ISSNE, 12 de novembro de 2012.
- SILVINO JÚNIOR, João Bosco. 2010. 121f. **Desenvolvimento de um sistema automatizado para captura e comparação de estriamentos de projéteis de armas de fogo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
- SMITH, Randy D. «**The .54 Caliber Muzzleloader**The **.54 Caliber Muzzleloader**» Chuck Hawks, novembro de 2013.
- STARLINE Bras. **The Brass Facts: Process to Perfection**. Starline Brass, industrial ammunition supply, 19 de abril de 2013. Disponível em:  
[https://www.youtube.com/watch?v=74ssMmD\\_tXE](https://www.youtube.com/watch?v=74ssMmD_tXE)
- WASELFISZ, Apud. **Taxas de mortalidade (em 100 mil habitantes) por armas de fogo**. População Total e Jovem. Brasil, 1980/2010. SIV/SVS/MS, 2013, p. 14
- ZANOTTA, Creso M. **Identificação de munições**. Volume 1. Editora Magnum. São Paulo. 1992.

## 9 ANEXOS

		<b>Pág.</b>
Anexo I	ARMAS DO CALIBRE 9 MM UTILIZADAS	<b>109</b>
Anexo II	ARMAS DO CALIBRE .40 POL UTILIZADAS	<b>110</b>
Anexo III	ARMAS DO CALIBRE 5,56 MM UTILIZADAS	<b>111</b>
Anexo IV	ARMAS DO CALIBRE 7,62 MM UTILIZADAS	<b>112</b>
Anexo V	DIMENSÕES DAS MUNIÇÕES CALIBRE .40 POL	<b>113</b>
Anexo VI	DIMENSÕES DAS MUNIÇÕES CALIBRE 9 MM	<b>114</b>
Anexo VII	DIMENSÕES DAS MUNIÇÕES CALIBRE 5,56 MM	<b>115</b>
Anexo VIII	DIMENSÕES DAS MUNIÇÕES CALIBRE 7,62 MM	<b>116</b>
Anexo IX	TABELA BALÍSTICA DO CALIBRE 9MM (CBC, 2012)	<b>117</b>
Anexo X	TABELA BALÍSTICA DO CALIBRE .40 POL (CBC, 2012)	<b>118</b>
Anexo XI	TABELA BALÍSTICA DO CALIBRE 5,56 MM (CBC, 2012)	<b>119</b>
Anexo XII	TABELA BALÍSTICA DO CALIBRE 7,62 MM (CBC, 2012)	<b>120</b>
Anexo XIII	RESULTADOS DAS ARMAS NO SISTEMA ARSENAL	<b>121</b>

## 9.1 ANEXO I – ARMAS DO CALIBRE 9 MM UTILIZADAS

Número de estudo	Número de série	Marca	Modelo	Calibre
ARMA 18	TOA 31285	-	-	9 mm
ARMA 19	T 345252	-	-	9 mm
ARMA 20	TNL 30638	-	-	9 mm
ARMA 21	TOG 08513	-	-	9 mm
ARMA 22	TNL 30637	-	-	9 mm
ARMA 23	TOA 31246	-	-	9 mm
ARMA 24	TOA 31184	-	-	9 mm
ARMA 25	TOA 31098	-	-	9 mm
ARMA 26	TSI 11122	-	-	9 mm
ARMA 27	TVE 04539	-	-	9 mm
ARMA 28	TOA 31238	-	-	9 mm
ARMA 29	TOA 31288	-	-	9 mm
ARMA 30	303143	-	-	9 mm
ARMA 31	151734	-	-	9 mm
ARMA 32	151715	-	-	9 mm
ARMA 33	A 352177	-	-	9 mm
ARMA 34	LWZ790	Glock	G17	9 mm
ARMA 35	LSP209	Glock	G19	9 mm
ARMA 36	HPM175	Glock	G17	9 mm
ARMA 37	LWZ405	Glock	G17	9 mm
ARMA 38	LXB544	Glock	G26	9 mm
ARMA 39	LSP212	Glock	G19	9 mm
ARMA 40	LSP776	Glock	G19	9 mm
ARMA 41	LSR665	Glock	G19	9 mm
ARMA 42	LSP300	Glock	G19	9 mm
ARMA 43	LSP256	Glock	G19	9 mm
ARMA 44	HPM173	Glock	G17	9 mm
ARMA 45	LUG105	Glock	G26	9 mm

PF0002/18

## 9.2 ANEXO II - ARMAS DO CALIBRE .40 POL UTILIZADAS

Número de estudo	Número de série	Marca	Modelo	Calibre	abertura do pino	ARRASTO
PF0003/18	ARMA 01	Bersa	Tander 40	0,4 pol	Circular	sim
	ARMA 02	Taurus	PT 100 AF	0,4 pol	Circular	não
	ARMA 03	Taurus	PT24/7PRO	0,4 pol	Circular	sim
	ARMA 04	Taurus	PT 100 AF	0,4 pol	Circular	não
	ARMA 05	Taurus	PT24/7PROD	0,4 pol	Circular	sim
	ARMA 06	Taurus	PT 100 AF	0,4 pol	Circular	não
	ARMA 07	Taurus	PT 100 AF	0,4 pol	Circular	não
	ARMA 08	Taurus	PT 100 P	0,4 pol	Circular	não
	ARMA 09	Taurus	PT 100 AF	0,4 pol	Circular	não
	ARMA 10	Taurus	PT 840	0,4 pol	Circular	sim
	ARMA 11	Taurus	PT 840 C	0,4 pol	Circular	sim
	ARMA 12	Imbel	MD7	0,4 pol	Circular	sim
	ARMA 13	Taurus	PT 100 AF	0,4 pol	Circular	não
	ARMA 14	Taurus	PT 100 AF	0,4 pol	Circular	não
	ARMA 15	Taurus	PT 940	0,4 pol	Circular	sim
	ARMA 16	Taurus	PT 100 AF	0,4 pol	Circular	não
	ARMA 17	Taurus	PT 100 AF	0,4 pol	Circular	não
	ARMA 18	Taurus	PT 100 AF	0,4 pol	Circular	não
	ARMA 19	Taurus	PT 840	0,4 pol	Circular	sim
	ARMA 20	Taurus	PT 100 AF	0,4 pol	Circular	não
	ARMA 21	Taurus	PT 24/7 PRO DS	0,4 pol	Circular	sim

### 9.3 ANEXO III – ARMAS DO CALIBRE 5,56 MM UTILIZADAS

Número de estudo	Número de série	Marca	Modelo	Calibre
ARMA 01	85-004341	HK	G36 CV	5,56 mm
ARMA 02	L230086	Bush Master	XM15-E25	5,56 mm
ARMA 03	SFFPC/9-97-002	Colt	AR-15A3	5,56 mm
ARMA 04	808	-	Carabina?	5,56 mm
ARMA 05	41923	Pantherarms	DPMS A-15	5,56 mm
ARMA 06	47196797	Tactical Inovations	T15	5,56 mm
ARMA 07	JAA04826	IMBEL	MD97	5,56 mm
ARMA 08	BCA06630	IMBEL	MD2 A1	5,56 mm
ARMA 09	JCA00526	IMBEL	MD97	5,56 mm
ARMA 10	810	Rock River Arms	LAR-15	5,56 mm
ARMA 11	88-040560	HK	HK 416	5,56 mm
ARMA 12	88-040518	HK	HK 416	5,56 mm
ARMA 13	88-040470	HK	HK 416	5,56 mm
ARMA 14	88-040492	HK	HK 416	5,56 mm
ARMA 15	88-040506	HK	HK 416	5,56 mm
ARMA 16	88-040561	HK	HK 416	5,56 mm
ARMA 17	SEM	Pantherarms	AR-15	5,56 mm
ARMA 18	ZZC66533	Pantherarms	AR-15 HBARII	5,56 mm
ARMA 19	MTM669777	Pantherarms	AR-15 HBAR	5,56 mm
ARMA 20	RE8970	DPMS	AR-15	5,56 mm
ARMA 21	88-004436	HK	G36 CV	5,56 mm

PF0004/18

#### 9.4 ANEXO IV – ARMAS DO CALIBRE 7,62 MM UTILIZADAS

	Número de estudo	Número de série	Marca	Modelo	Calibre
PF0005/18	ARMA 01	89-004659	HK	HK 417	7.62X51
	ARMA 02	89-004455	HK	HK 417	7.62X51
	ARMA 03	89-004459	HK	HK 417	7.62X51
	ARMA 04	241809	IMBEL	M964 FAL	7.62X51
	ARMA 05	-	-	-	7.62X51
	ARMA 06	-	-	-	7.62X51
	ARMA 07	-	-	-	7.62X51
	ARMA 08	-	-	-	7.62X51
	ARMA 09	-	-	-	7.62X51
	ARMA 10	-	-	-	7.62X51
PF0006/18	ARMA 01	-	MAGNO	-	7.62X39
	ARMA 02	6161	ZASTAVA	M92PV	7.62X39
	ARMA 03	EC1101	ROMARM	GP/WASR-10/63	7.62X39
	ARMA 04	-	-	-	7.62X39
	ARMA 05	-	-	-	7.62X39
	ARMA 06	-	-	-	7.62X39
	ARMA 07	-	-	-	7.62X39
	ARMA 08	-	-	-	7.62X39
	ARMA 09	-	-	-	7.62X39
	ARMA 10	-	-	-	7.62X39



## 9.5 ANEXO V – DIMENSÕES DAS MUNIÇÕES CALIBRE .40 POL

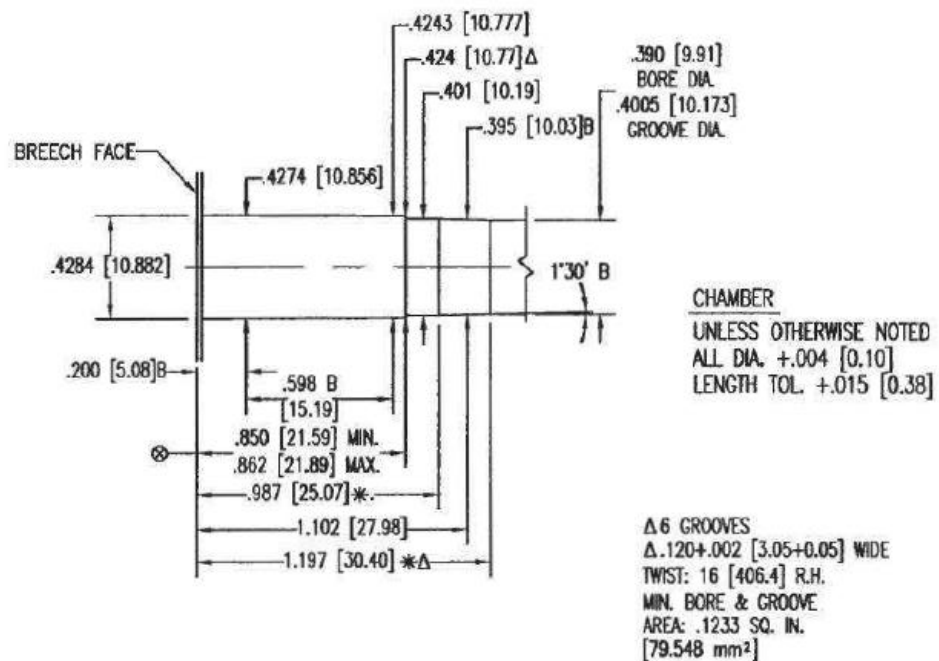
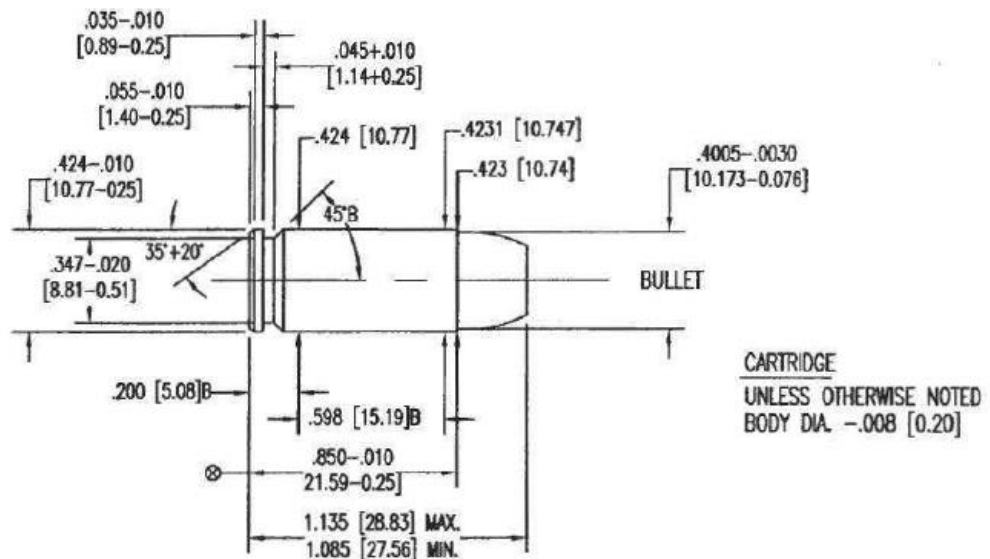
SECTION I – CHARACTERISTICS  
 CENTERFIRE PISTOL & REVOLVER  
 SAAMI VOLUNTARY PERFORMANCE STANDARDS

CARTRIDGE AND CHAMBER DRAWING  
 40 SMITH & WESSON

**NOTICE:** This drawing is subject to change.  
 Current version is available at [www.saami.org](http://www.saami.org).

MAXIMUM CARTRIDGE / MINIMUM CHAMBER

**40 SMITH & WESSON**



**NOTE:**  
 B=BASIC  
 [XX.XX]=MILLIMETERS  
 ⊗ = HEADSPACE DIMENSION  
 Δ = REFERENCE DIMENSION  
 \* DIMENSIONS ARE TO INTERSECTION OF LINES  
 ALL CALCULATIONS APPLY AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION (MMC)

## 9.6 ANEXO VI – DIMENSÕES DAS MUNIÇÕES CALIBRE 9 MM

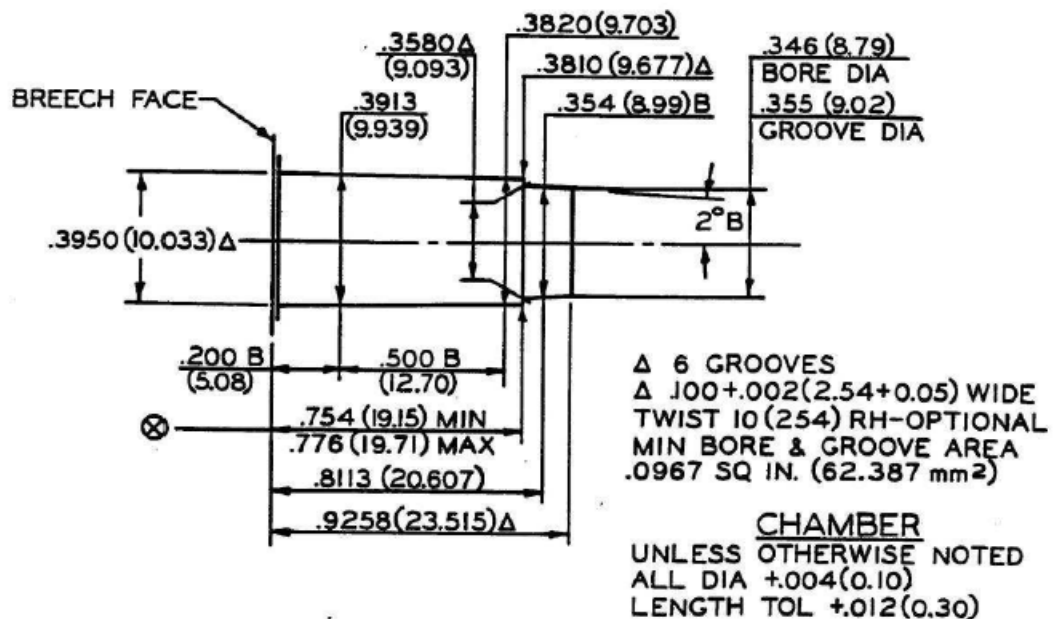
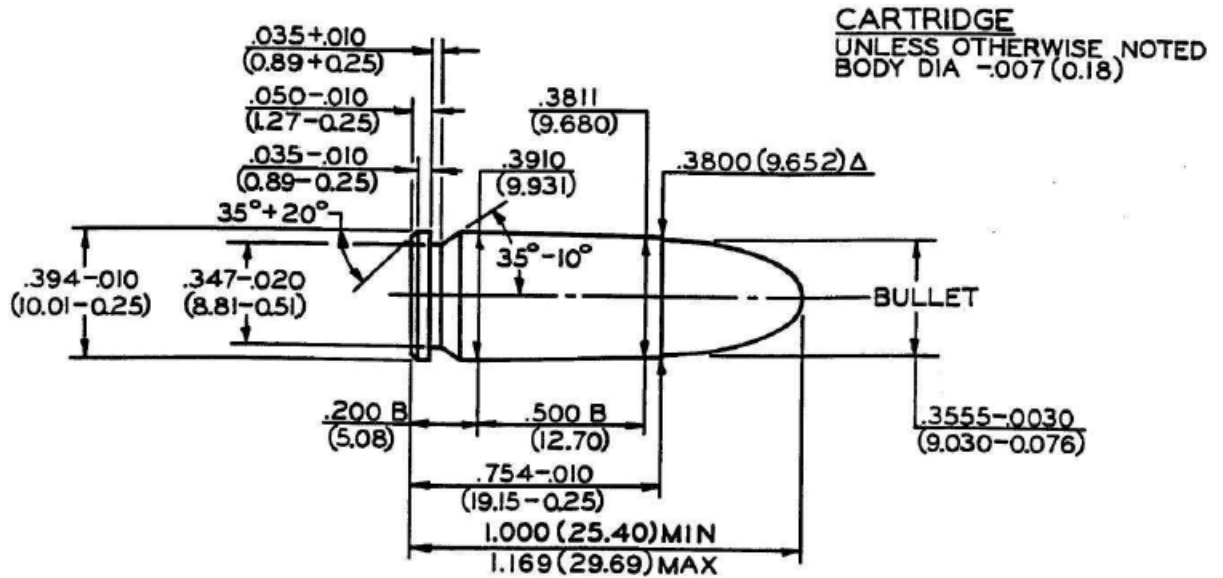
SECTION I – CHARACTERISTICS  
 CENTERFIRE PISTOL & REVOLVER  
 SAAMI VOLUNTARY PERFORMANCE STANDARDS

CARTRIDGE AND CHAMBER DRAWING  
 9mm LUGER / 9mm LUGER +P

**NOTICE:** This drawing is subject to change.  
 Current version is available at [www.saami.org](http://www.saami.org).

MAXIMUM CARTRIDGE / MINIMUM CHAMBER

**9MM LUGER / 9MM LUGER +P**



**NOTE**

B = BASIC

⊗ = HEADSPACE DIMENSION

\* = DIMENSIONS TO INTERSECTIONS OF LINES

ALL CALCULATIONS APPLY AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION (MMC)

$\Delta$  = REFERENCE DIMENSION

(XX.XX) = MILLIMETERS

## 9.7 ANEXO VII – DIMENSÕES DAS MUNIÇÕES CALIBRE 5,56 MM

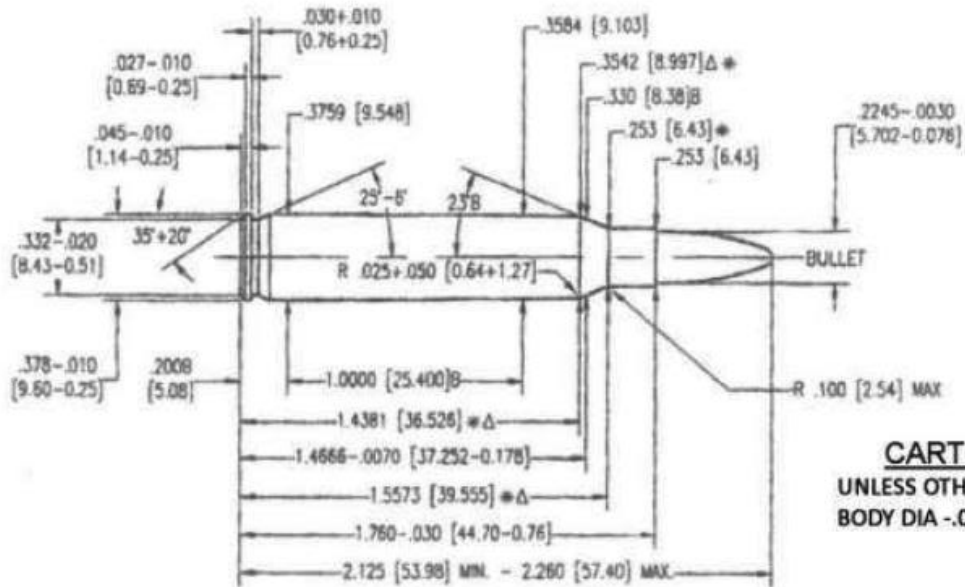
SECTION I – CHARACTERISTICS  
 CENTERFIRE RIFLE  
 SAAMI VOLUNTARY PERFORMANCE STANDARDS

CARTRIDGE AND CHAMBER DRAWING  
 223 REMINGTON

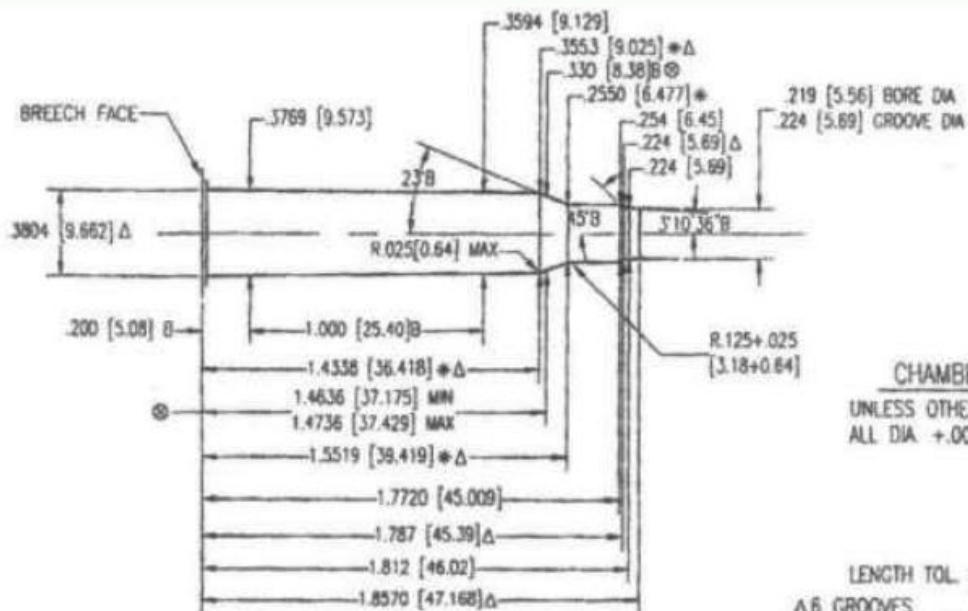
**NOTICE:** This drawing is subject to change.  
 Current version is available at [www.saami.org](http://www.saami.org).

MAXIMUM CARTRIDGE / MINIMUM CHAMBER

**223 REMINGTON**



**CARTRIDGE**  
 UNLESS OTHERWISE NOTED  
 BODY DIA. -.008 (0.20)



**CHAMBER**  
 UNLESS OTHERWISE NOTED  
 ALL DIA. +.002 [0.05]

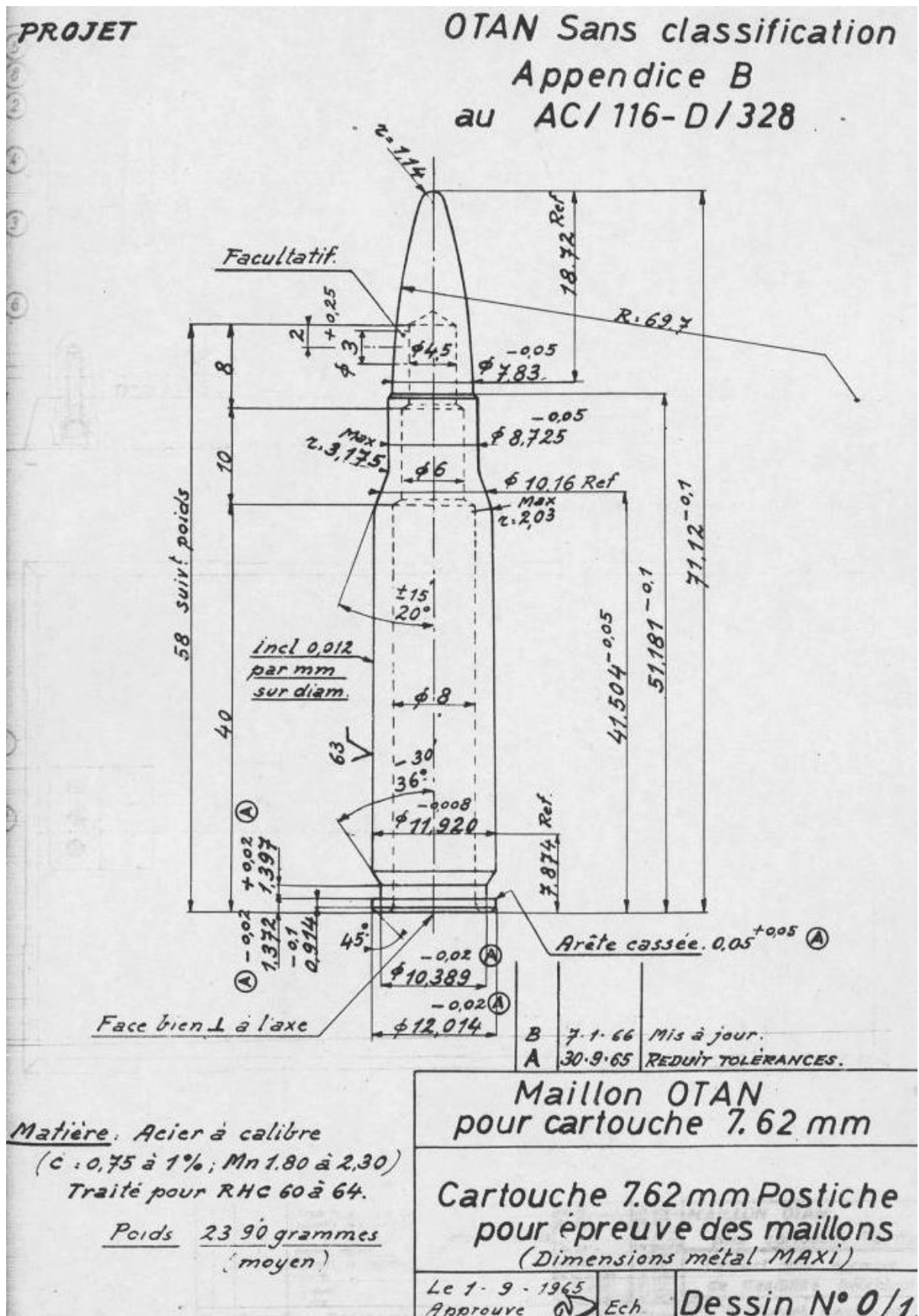
LENGTH TOL. +.015 [0.38]

Δ 6 GROOVES  
 Δ .074+.002 [1.88+0.05] WIDE  
 TWIST: 12[304.8] R.H. OPTIONAL  
 MIN. BORE & GROOVE  
 AREA: .0388 SQ. IN. [25.032 mm<sup>2</sup>]

**NOTE:**  
 B=BASIC  
 [XX.XX]=MILLIMETERS  
 ⊕ = HEADSPACE DIMENSION  
 Δ = REFERENCE DIMENSION  
 \* DIMENSIONS ARE TO INTERSECTION OF LINES  
 ALL CALCULATIONS APPLY AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION (MMC)

223 REMINGTON

9.8 ANEXO VIII – DIMENSÕES DAS MUNIÇÕES CALIBRE 7,62 MM



## 9.9 ANEXO IX – TABELA BALÍSTICA DO CALIBRE 9MM (CBC, 2012)

**TABELA BALÍSTICA** CALIBRE 9 mm LUGER (9X19 mm)

Projétil		Balística			Utilização Recomendada	
Tipo	Cód	Peso (gr)	V (m/s)	E (joule)		Provete (cm)
NTA - Non Toxic Ammunition Encamisado Obturado Ogival	EOOG	124	338	459	10,2	Destinada a treinamento. Não gera gases ou resíduos tóxicos durante o disparo, pois possui projétil totalmente encapsulado, mistura iniciadora livre de metais pesados e pólvora química sem fumaça.
Chumbo Ogival Treina	CHOG	124	338	459	10,2	Destinada ao treinamento. Pode ser utilizada em submetralhadoras, pois o nível de pressão permite tanto o disparo semiautomático quanto o automático.
Encamisado Total Ogival	ETOG	115	346	446	10,2	Projétil de grande penetração e que funciona com perfeição em qualquer tipo de arma semiautomática.
Encamisado Total Ogival	ETOG	124	338	459	10,2	
Expansivo Ponta Plana Flat	EXPP	96	410	517	10,2	Projétil expansivo de alto impacto.
Encamisado Total Ponta Plana Subsonico	ETPP	147	302	434	10,2	Destinadas ao uso prioritário em armas com supressores de ruído (silenciadores).
Expansivo Ponta Oca	EXPO	115	352	462	10,2	Características balísticas e expansão adequadas para uso policial.
Cobre Expansivo Ponta Oca +P+ Copper Bullet Tactical	CXPO	92,6	435	568	10,2	Projétil monobloco de cobre com camada de estanho, que possibilita aumento de velocidade e energia. Apresenta excelente expansão em alvos duros e grande penetração em alvos indiretos, com menor perda de massa. Último despenhido em armas com cano inferior a 4".
Expansivo Ponta Oca +P+ Gold Hex	EXPO +P+	115	406	610	10,2	Os projéteis possuem geometria especial: ponta oca e configuração hexagonal em seu interior, o que garante alto desempenho e a perfeita equação entre expansão e penetração ideal, sem transfixação do alvo.
Expansivo Ponta Oca +P+ Bonded	EXPO +P+	115	406	611	10,2	Devido ao processo tecnológico de fabricação, o projétil Bonded possui camisa metálica e núcleo de chumbo soldados, evitando sua fragmentação no disparo e garantindo resultados uniformes e manutenção de trajetória, mesmo em disparos indiretos. Com excelente desempenho no Protocolo do FBI, apresenta resultado superior em expansão, poder de parada, precisão e penetração.
Expansivo Ponta Oca +P Bonded	EXPO +P	124	370	550	10,2	
Expansivo Ponta Oca +P Bonded	EXPO +P	147	320	488	10,2	
Frangível	-	100	370	444	10,2	Projétil desenhado a romper-se facilmente ao impacto com uma superfície dura, reduzindo ao máximo a possibilidade de ricochete.

## 9.10 ANEXO X – TABELA BALÍSTICA DO CALIBRE .40 POL (CBC, 2012)

TABELA BALÍSTICA		CALIBRE .40 S&W				
Projétil		Balística			Utilização Recomendada	
Tipo	Cód	Peso (gr)	V (m/s)	E (joule)		Provelte (cm)
NTA - Non Toxic-Ammunition Encamisado Obturado Ponta Plana	EOPP	180	302	532	10,2	Destinada a treinamento. Não gera gases ou resíduos tóxicos durante o disparo, pois possui projétil totalmente encapsulado, mistura iniciadora livre de metais pesados e pólvora química sem fumaça.
Chumbo Semi Cantô Vivo	CSCV	160	355	653	10,2	Alta precisão. Uso em competições policiais na modalidade de tiro prático e treinamento.
Chumbo Ponta Plana Treina	CHPP	160	355	654	10,2	Treinamento e adaptação de atiradores.
Encamisado Total Ponta Plana	ETPP	180	302	532	10,2	Projétil de grande penetração.
Cobre Expansivo Ponta Oca Copper Bullet Tactical	CXPO	130	360	641	10,2	Projétil monobloco de cobre com camada de estanho, que possibilita aumento de velocidade e energia. Apresenta excelente expansão em alvos diretos e grande penetração em alvos indiretos, com menor perda de massa. Ótimo desempenho em armas com cano inferior a 4".
Expansivo Ponta Oca Gold Hex	EXPO	155	367	677	10,2	Os projéteis possuem geometria especial, ponta oca e configuração hexagonal em seu interior, o que garante alto desempenho e a perfeita equação entre expansão e penetração ideal, sem transição do alvo.
Expansivo Ponta Oca Gold	EXPO	180	320	567	10,2	Projétil ponta oca que oferece alta expansão e stop-ping power (poder de parada).
Expansivo Ponta Oca Bonded	EXPO	155	365	669	10,2	Devido ao processo tecnológico de fabricação, o projétil Bonded possui camisa metálica e núcleo de chumbo soldados, evitando sua fragmentação no disparo e garantindo resultados uniformes e manutenção de trajetória, mesmo em disparos indiretos. Com excelente desempenho no Protocolo do FBI, apresenta resultado superior em expansão, poder de parada, precisão e penetração.
Expansivo Ponta Oca Bonded	EXPO	180	321	600	10,2	
Frangível	-	125	360	525	10,2	Projétil destinado a romper-se facilmente ao impacto com uma superfície dura, reduzindo o máximo a possibilidade de ricochete.

## 9.11 ANEXO XI – TABELA BALÍSTICA DO CALIBRE 5,56 MM (CBC, 2012)

**TABELA BALÍSTICA**

**CALIBRE .223 REMINGTON**

Projétil			Balística			Utilização Recomendada
Tipo	Cód	Peso (gr)	V (m/s)	E (joule)	Provelo (cm)	
Encamisado Total Pontagudo	ETPT	55	990	1.745	61	Projétils semelhantes aos militares (M193) e destinados aos fuzis AR-15, M16 e outros modelos de tiro semi ou totalmente automáticos. Alta precisão e penetração em alvos barricados.
Expansivo Pontagudo	EXPT	55	990	1.745	61	Projétil muito expansivo e de alto poder de parada.
Hollow Point Boat Tail	HPBT	69	885	1.751	61	Por sua alta precisão é indicada para trabalhos de atiradores de elite ("snipers").
Hollow Point Boat Tail	HPBT	77	805	1.617	61	
Polymer Tip	-	55	990	1.745	61	Projétil de alta precisão que apresenta rápida expansão e elevada transferência de energia. Destinado para uso em armas semiautomáticas e automáticas.
Frangível	-	42	1.125	1.721	61	Projétil destinado a romper-se facilmente ao impacto contra uma superfície dura, reduzindo ao máximo a possibilidade de ricochete.

**TABELA BALÍSTICA**

**CALIBRE 5,56X45 mm**

Projétil			Balística			Utilização Recomendada
Tipo	Cód	Peso (gr)	V (m/s)	E (joule)	Provelo (cm)	
Comum Treina	M193	55	995	1.762	51	Destinado a treinamento.
Comum	M193	55	995	1.762	51	Contra alvos não blindados.
Comum	SS109	62	940	1.776	51	Projétil de dupla performance: maior penetração em alvos rígidos e maiores cavidades em alvos não rígidos. Perfura uma chapa de aço SAE 1010 ou 1020 (dureza 55-70 HRB) de 3,5mm à distância de 570m.
Traçante	M196	52	980	1.618	51	Operação e treinamento de pessoal com vantagem de poder ser visualizada a trajetória do projétil. Luminosidade total do traço: de 68 a 450 m.
Traçante	L110	62	900	1.628	51	Operação e treinamento de pessoal com a vantagem de poder ser visualizada a trajetória do projétil. Luminosidade total do traço: de 140 a 600 m.
High Performance (TW 12)	-	55	995	1.762	51	Esse projétil possui capacidade de perfuração e foi desenvolvido para uso em armas de calibre 5,56 mm com cano com passo de rala 1:12 (TW12). Perfura uma chapa de aço SAE 1010 ou 1020 (dureza 55-70 HRB) de 3,5mm à distância de 570m.
Open Tip Match	OTM	77	850	1.803	51	Projétil possui excelente poder de parada (stopping power), sendo sua precisão superior às munições balls comuns.
Steel Arrow Tip (SAT)	SAT	62	940	1.776	51	Munição com maior poder de penetração e precisão a longa distância e desempenho mais uniforme a curta distância. Perfura uma chapa de aço SAE 1010 ou 1020 (dureza 55-70 HRB) de 9,5mm à distância de 365m e de 3,5mm à distância de 570m.
IR Tracer	-	62	940	1.776	51	O traço do projétil é invisível a olho nu, sendo visível apenas com equipamento de visão noturna por infravermelho. Luminosidade total do traço: de 0 a 600 m.
Festim	-	-	-	-	-	Treinamento de pessoal ou tiros de salva.

9.12 ANEXO XII – TABELA BALÍSTICA DO CALIBRE 7,62 MM (CBC, 2012)

**TABELA BALÍSTICA**

**CALIBRE 7,62X51 mm**

Projétil			Balística				Utilização Recomendada
Tipo	Cód	Peso (gr)	V (m/s)	E (joule)	Provelo (cm)		
Comum Treina	-	144	858	3.372	56	Contra alvos não blindados e com blindados leves. Perfura uma chapa de aço SAE 1010 ou 1020 (dureza 55HRb - 70 HRb) de 3,5mm à distância de 570m.	
Comum	-	144	858	3.372	56	Contra alvos não blindados.	
Perfurante	-	147	838	3.345	56	Contra alvos protegidos por blindagens leves, e alvos resistentes a projéteis comuns.	
Traçante	-	135	840	3.087	56	Operação e treinamento de pessoal com vantagem de poder ser visualizada a trajetória do projétil. Luminosidade total do traço: de 140 a 775 m.	
IR Tracer	-	139	858	3.243	56	O traço do projétil é invisível a olho nu, sendo visível apenas com equipamento de visão noturna por infravermelho. Luminosidade total do traço: de 0 a 777 m.	
Festim	-	-	-	-	-	Treinamento de pessoal ou tiros de salva.	



### 9.13 ANEXO XIII – RESULTADOS DAS ARMAS NO SISTEMA ARSENAL

Os resultados do sistema por arma das de 9 mm e .40 pol, respectivamente, serão apresentados de maneira compilada nas páginas seguintes, ambos de 28 folhas, estando o calibre indicado na parte inferior.

A figura 89 exemplifica como os resultados são demonstrados pelo sistema. A primeira coluna da esquerda indica a arma em análise; as colunas “FP” e “BF” indicam o método utilizado pelo sistema; e a coluna “min” é para selecionar o menor resultado entre as colunas dos métodos. Este valor é marcado nas colunas de posição pelo número “1” (colunas de título amarelo), sendo utilizado para a formação do gráfico de distribuição acumulada.

A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
16	1	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	1	12	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	15	8	8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 89 – Exemplo de resultado obtido pelo sistema por arma. Fonte: autor

Do gráfico montado é calculada a área abaixo da distribuição e conseqüentemente a efetividade para o artefato.

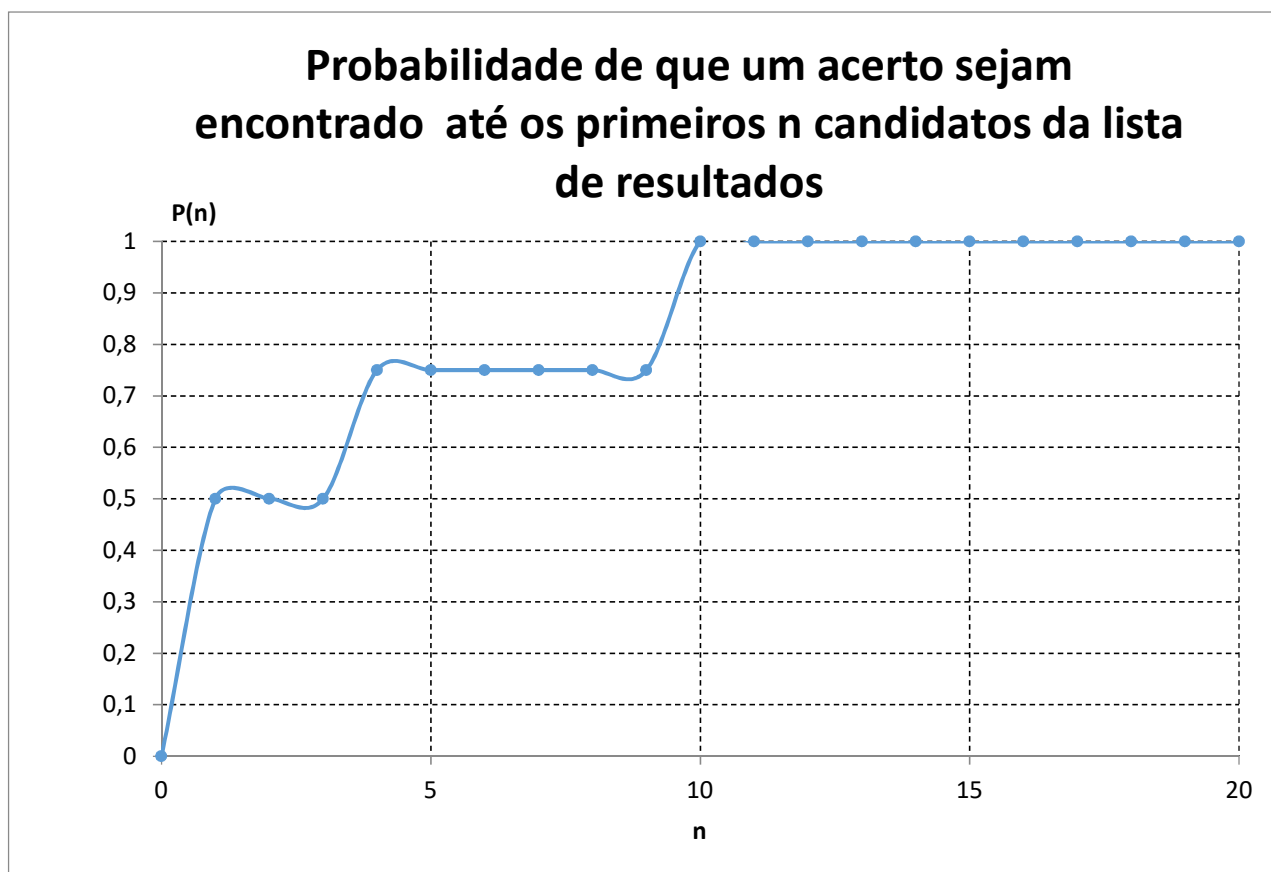
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	>20
18	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	4	21	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	10	18	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	>20	
Probabilidade	0	0,5	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Acumulado	0	0,5	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Área	16,50	0,25	0,5	0,5	0,63	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,88	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
------	-------	------	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Efetividade ( $\Gamma$ ) =	0,83
----------------------------	------



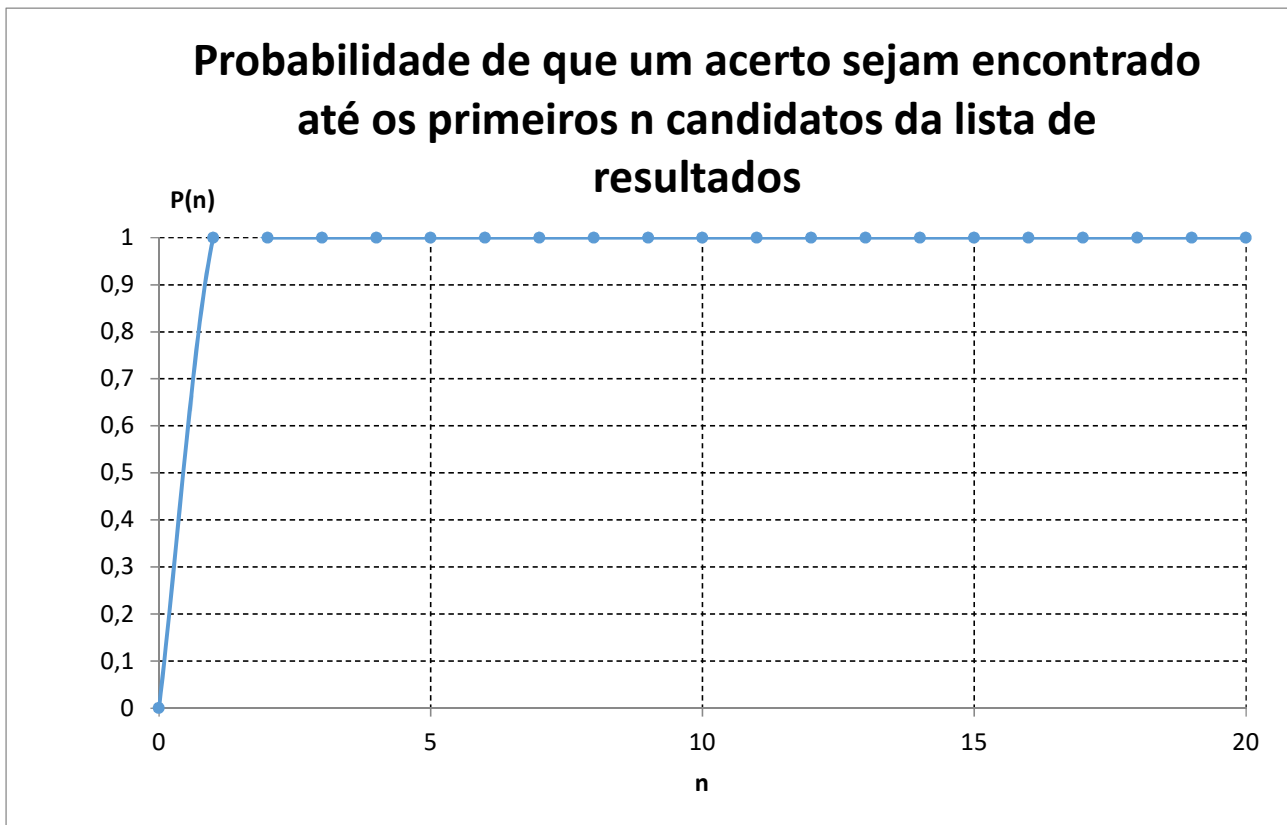
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
19	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	1	12	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Acumulado	0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Área	19,50	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
------	-------	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Efetividade ( $\Gamma$ ) =	0,98
----------------------------	------



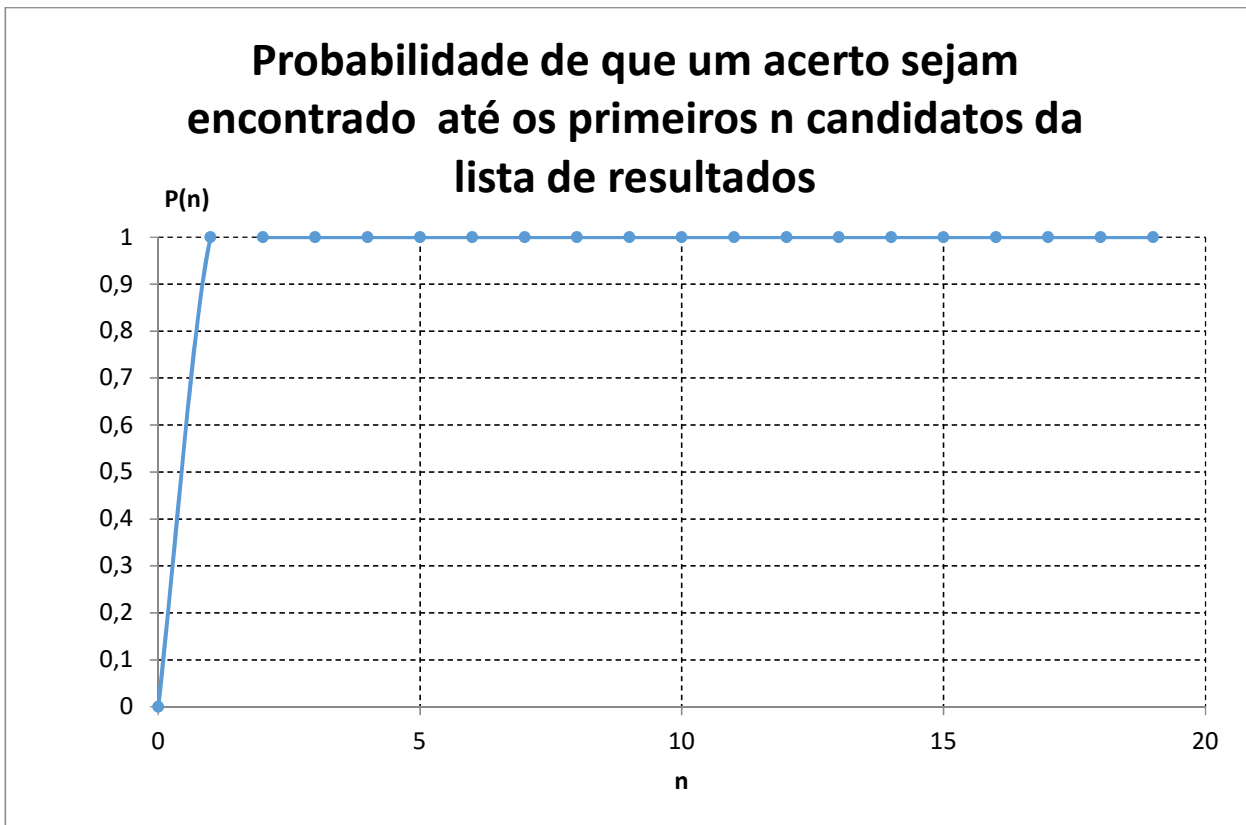
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
20	21	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	21	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Acumulado	0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Área	19,50	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
------	-------	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Efetividade ( $\Gamma$ ) =	0,98
----------------------------	------



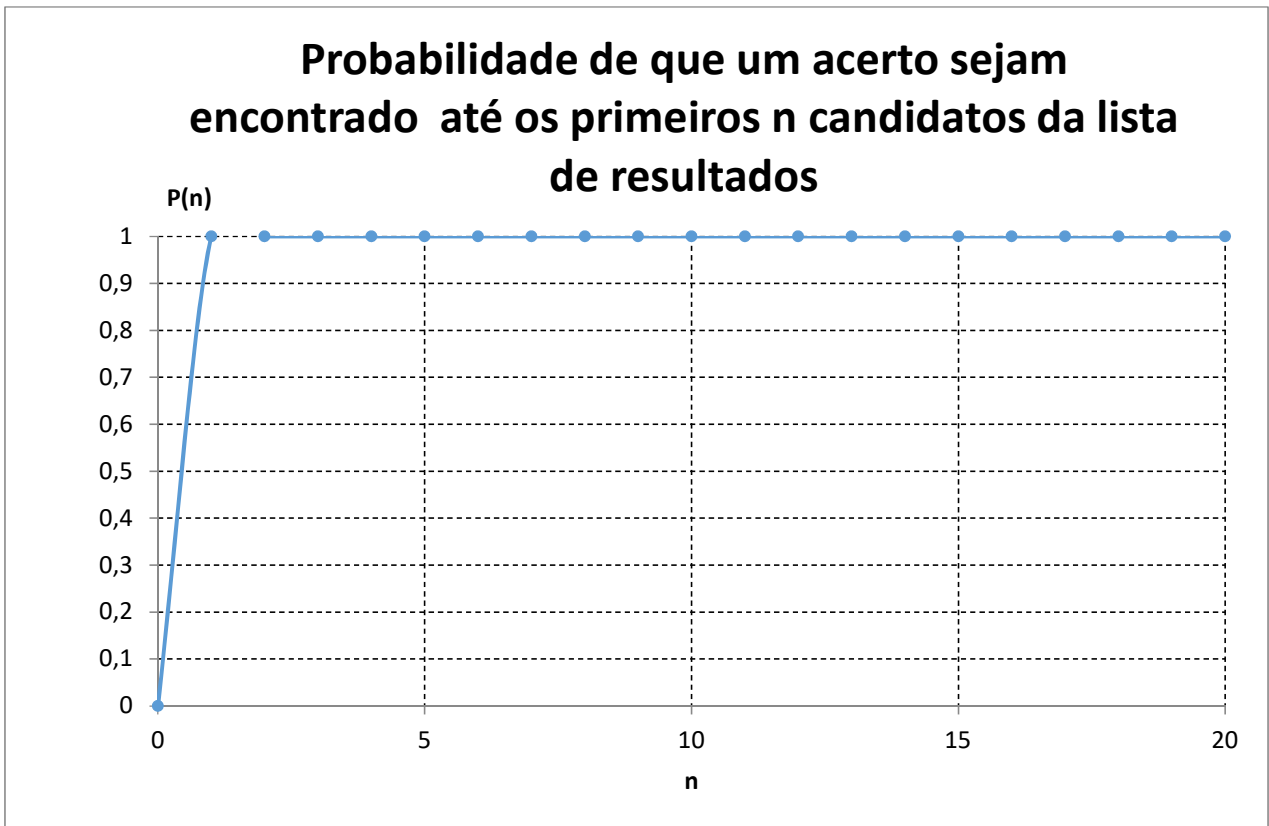
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acumulado	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Área	19,50	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
------	-------	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Efetividade ( $r$ ) =	0,98
-----------------------	------



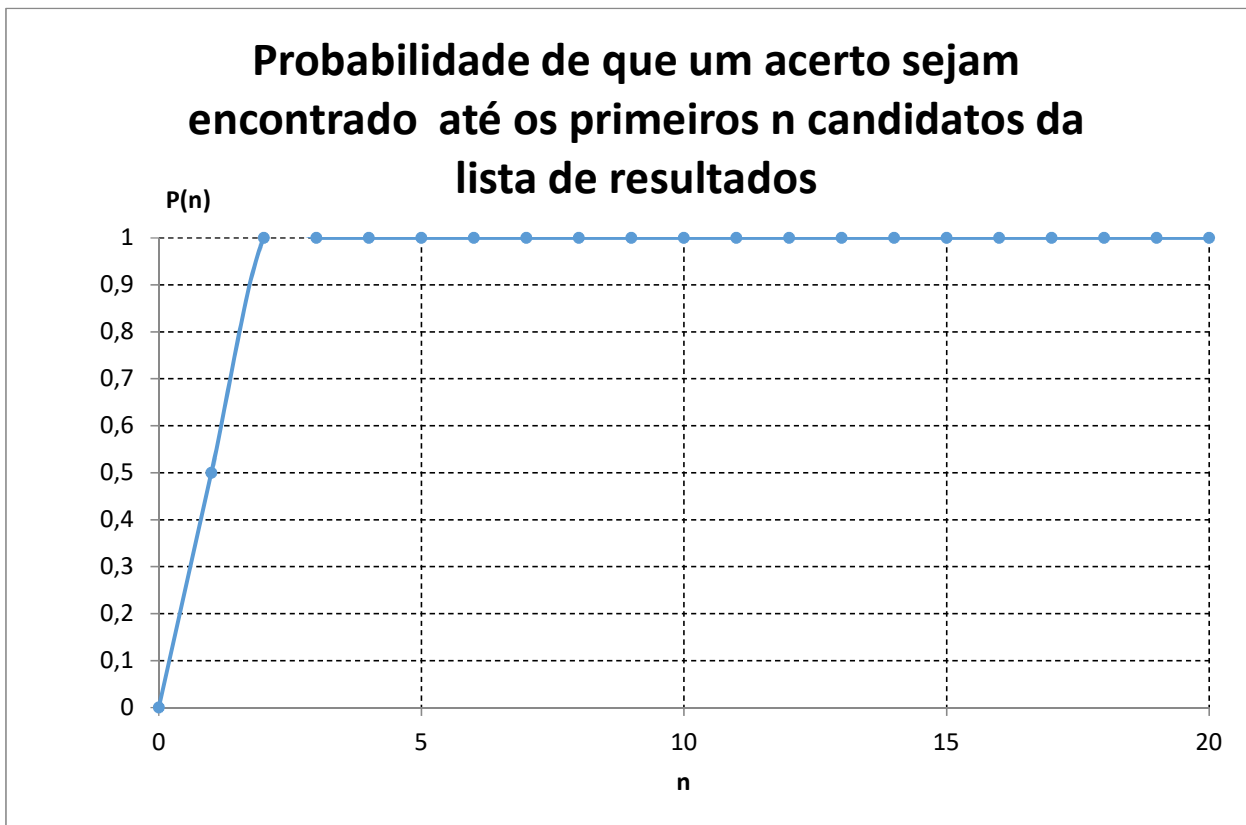
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
22	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	15	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	21	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	2	6	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	0,50	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acumulado	0	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Área	19,00	0,25	0,75	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
------	-------	------	------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Efetividade ( $\Gamma$ ) =	0,95
----------------------------	------



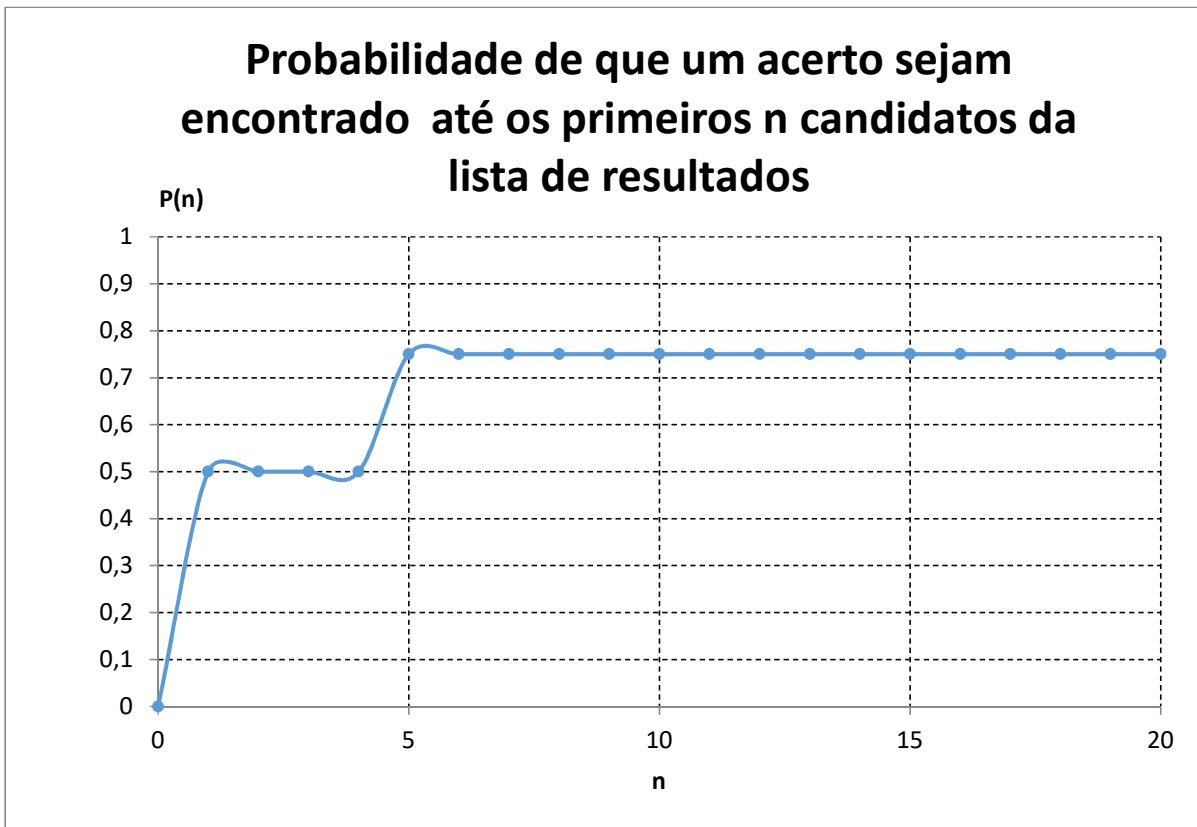
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
23	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	5	21	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	0,50	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acumulado	0	0,50	0,50	0,50	0,50	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75

Área	13,63	0,25	0,5	0,5	0,5	0,63	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
------	-------	------	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Efetividade ( $\Gamma$ ) =	0,68
----------------------------	------



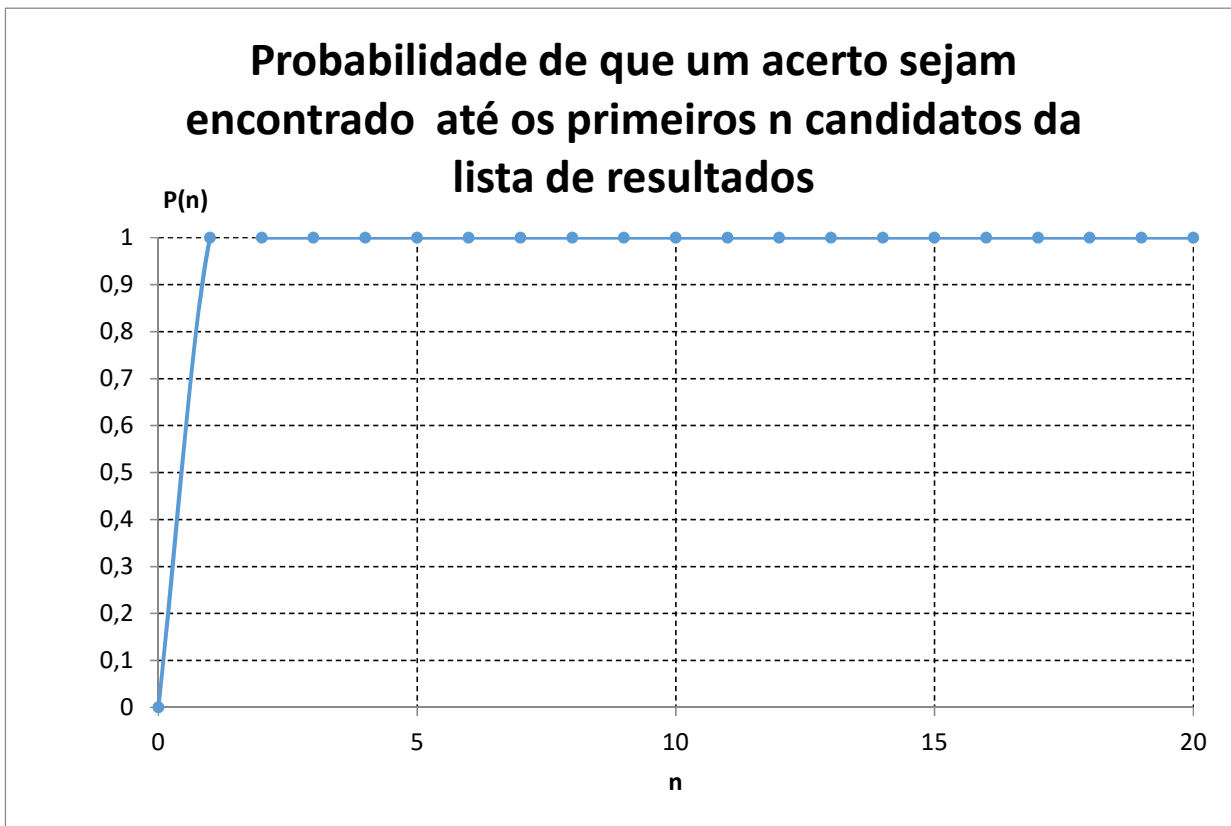
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
24	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acumulado	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Área	19,50	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
------	-------	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Efetividade ( $r$ ) =	0,98
-----------------------	------





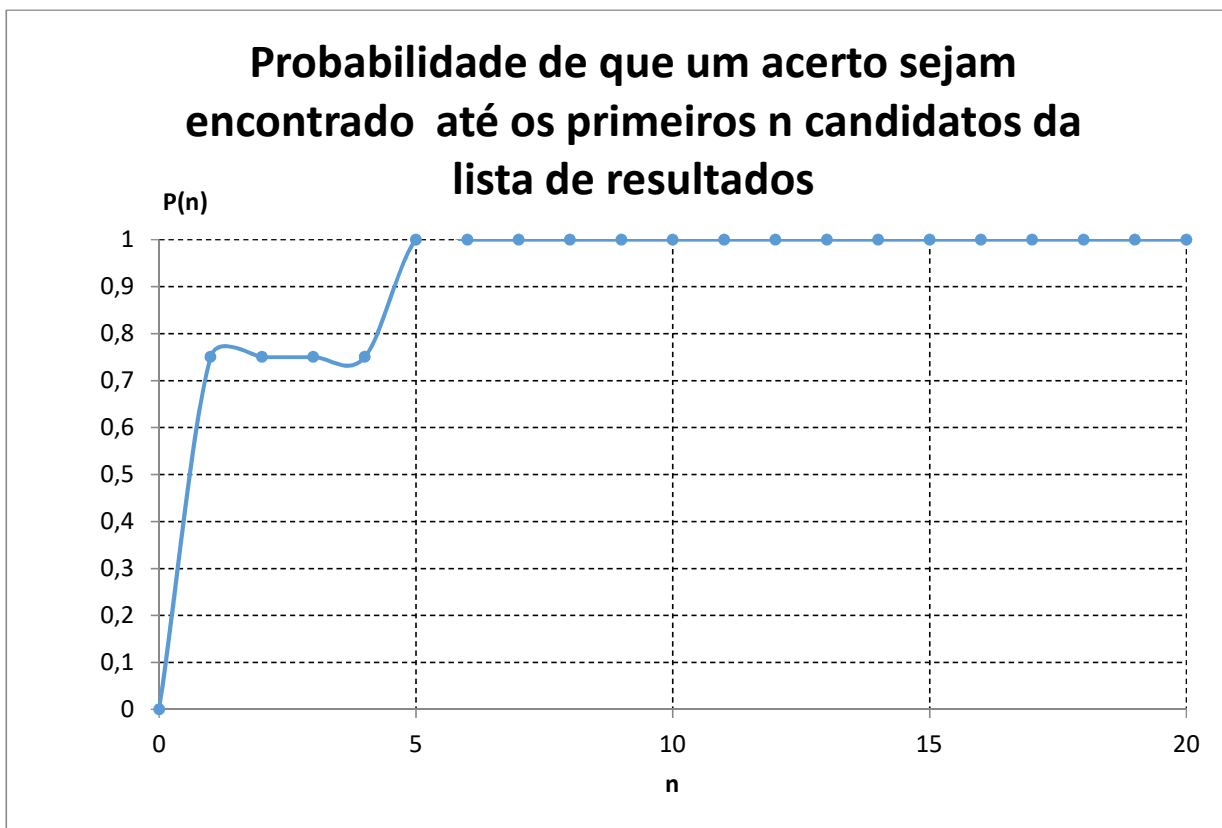
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
25	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	1	7	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	21	5	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	21	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
Probabilidade	0	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####
Acumulado	0	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####

Área	18,50	0,38	0,75	0,75	0,75	0,88	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
------	-------	------	------	------	------	------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Efetividade ( $\Gamma$ ) =	0,93
----------------------------	------



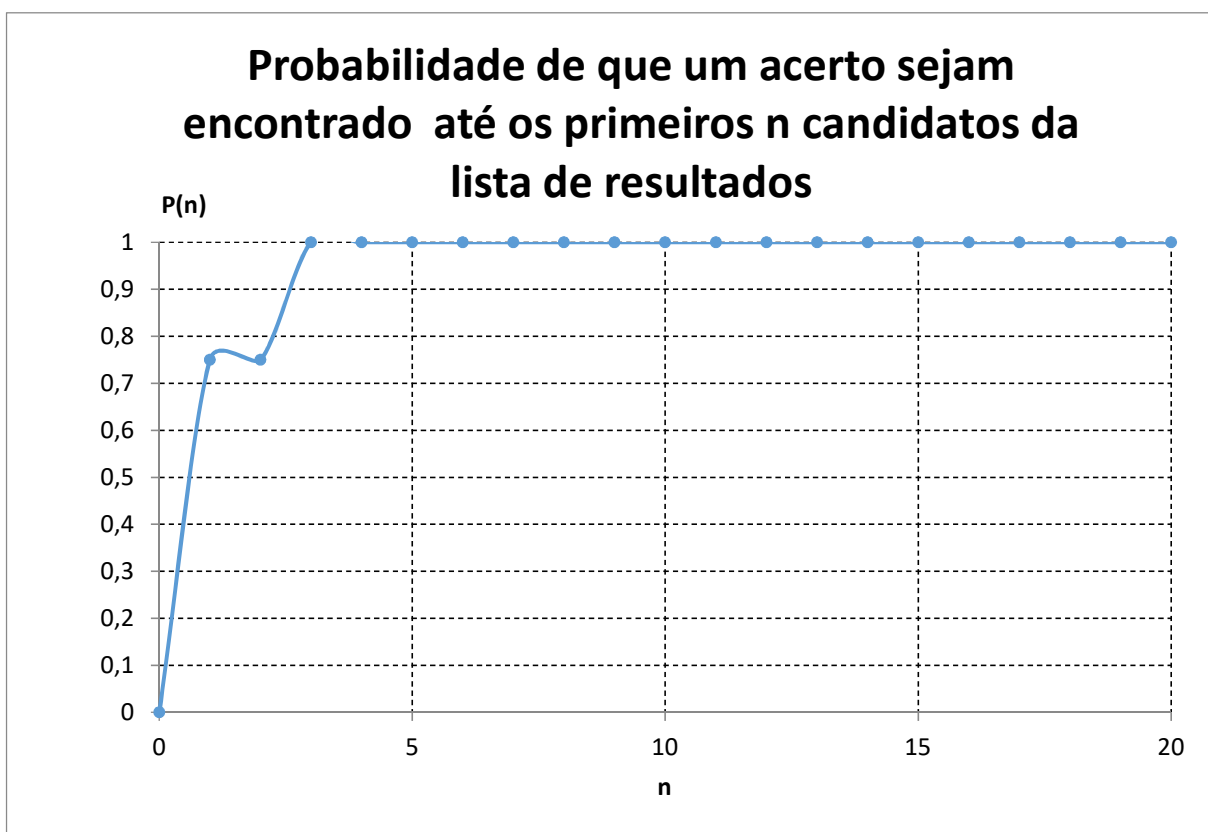
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
26	1	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	21	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	21	3	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	0,75	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acumulado	0	0,75	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Área	19,00	0,38	0,75	0,88	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
------	-------	------	------	------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Efetividade ( $\Gamma$ ) =	0,95
----------------------------	------



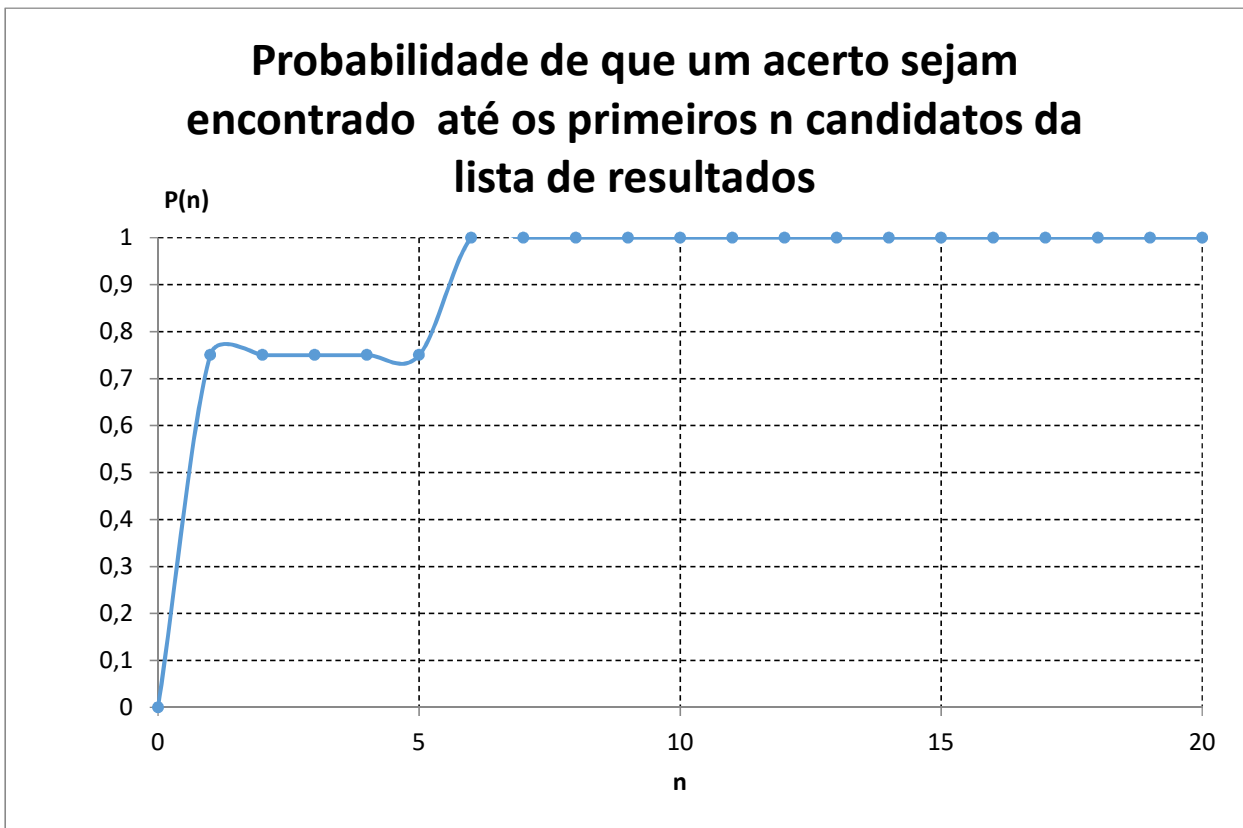
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
27	1	6	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	1	5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	6	20	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acumulado	0	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Área	18,25	0,38	0,75	0,75	0,75	0,75	0,88	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
------	-------	------	------	------	------	------	------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Efetividade ( $r$ ) =	0,91
-----------------------	------



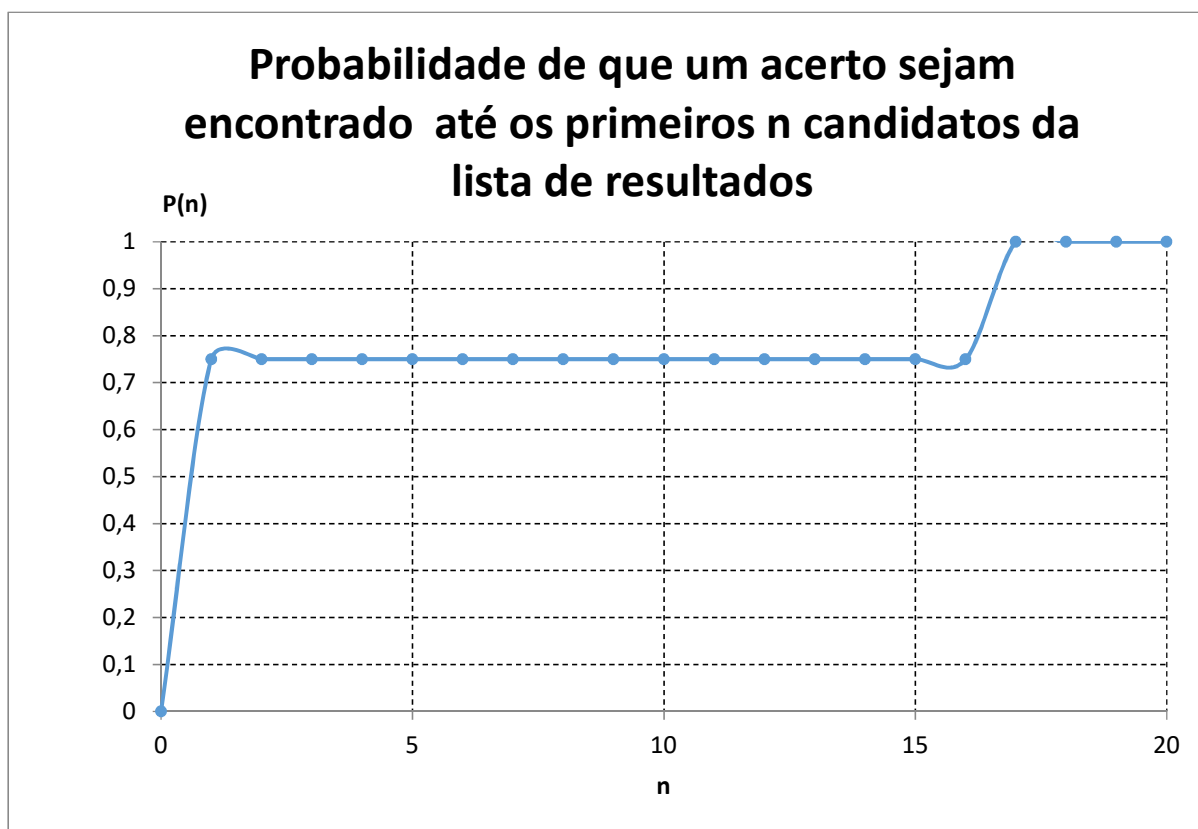
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
28	1	13	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	21	17	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
28	1	9	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Probabilidade	0	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00
Acumulado	0	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00

Área	15,50	0,38	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,88	1	1	1
------	-------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	---	---	---

Efetividade ( $r$ ) =	0,78
-----------------------	------



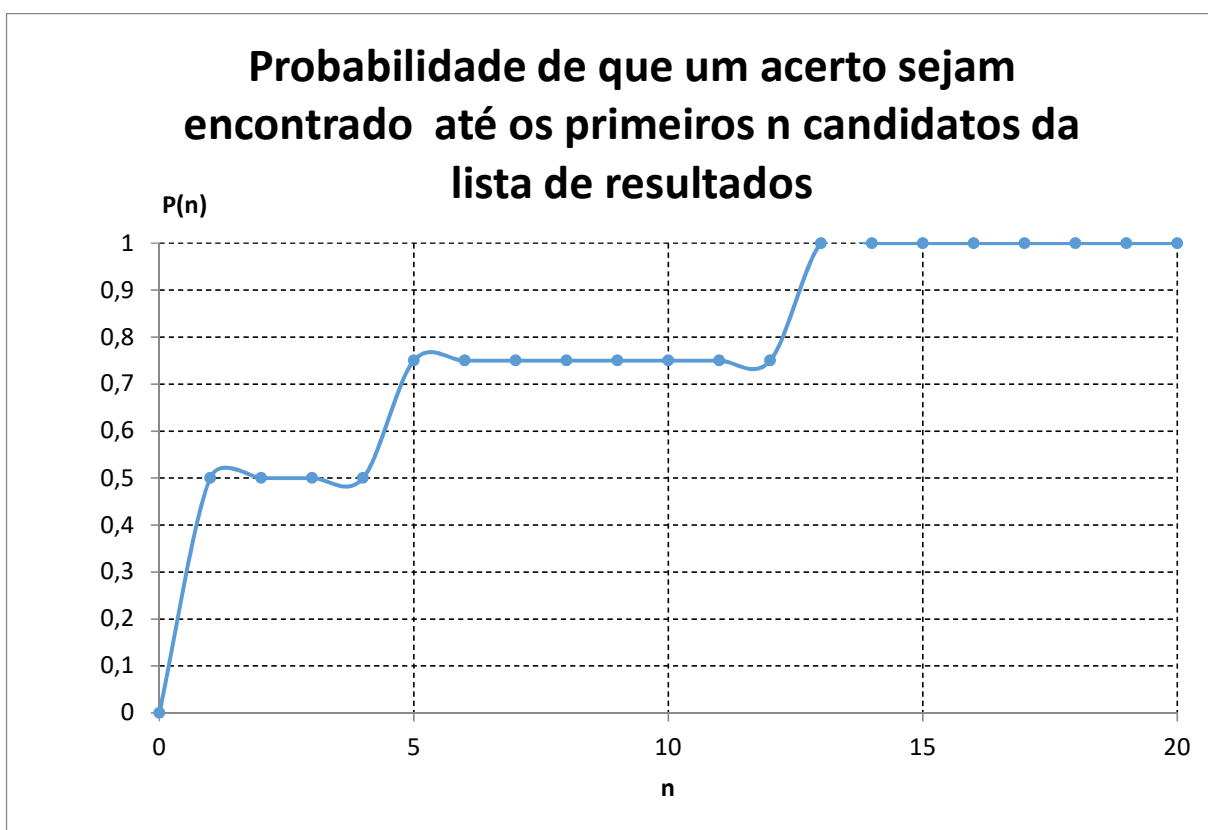
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
29	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	1	5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	16	13	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
29	21	5	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	0,50	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acumulado	0	0,50	0,50	0,50	0,50	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Área	15,50	0,25	0,5	0,5	0,5	0,63	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,88	1	1	1	1	1	1	1	1
------	-------	------	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	---	---	---	---	---	---	---	---

Efetividade (r) =	0,78
-------------------	------



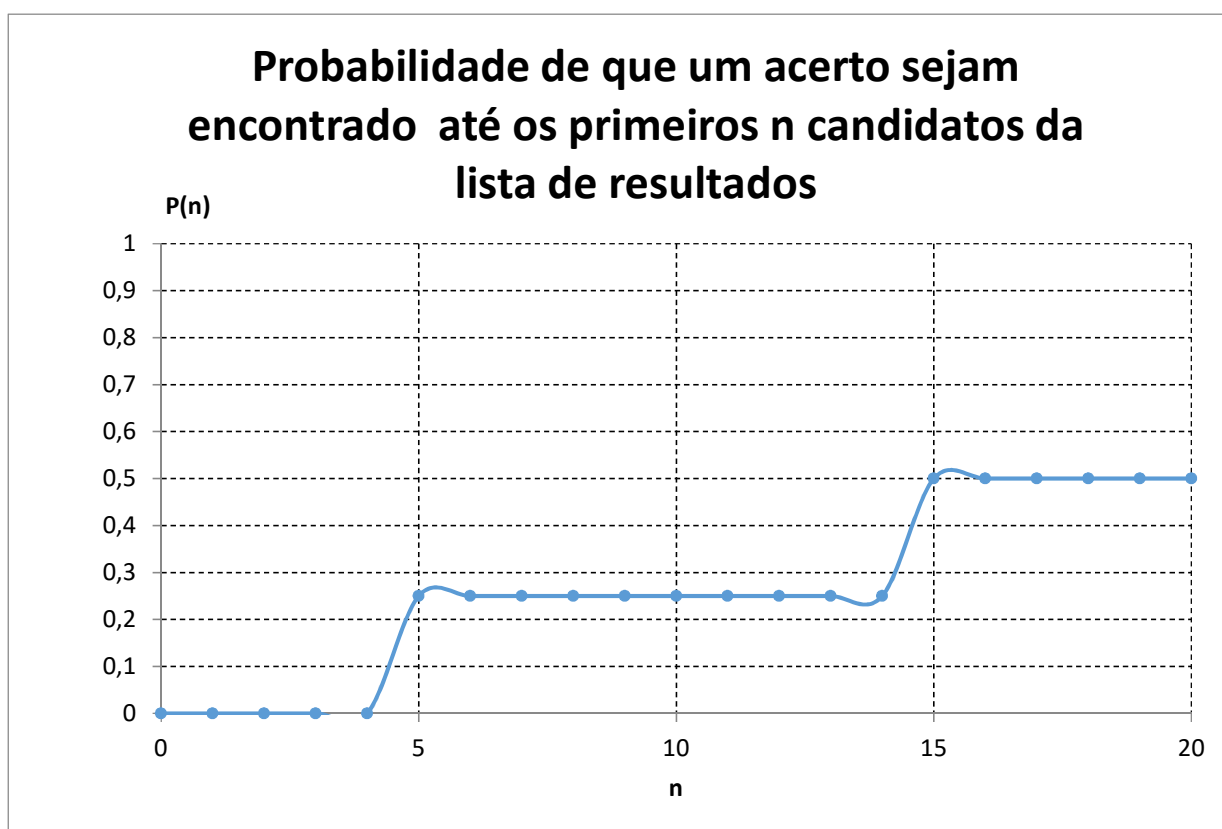
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
30	21	5	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	15	21	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

totais:	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Probabilidade	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acumulado	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50

Área	5,25	0	0	0	0	0,13	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,38	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
------	------	---	---	---	---	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-----	-----	-----	-----	-----

Efetividade ( $r$ ) =	0,26
-----------------------	------



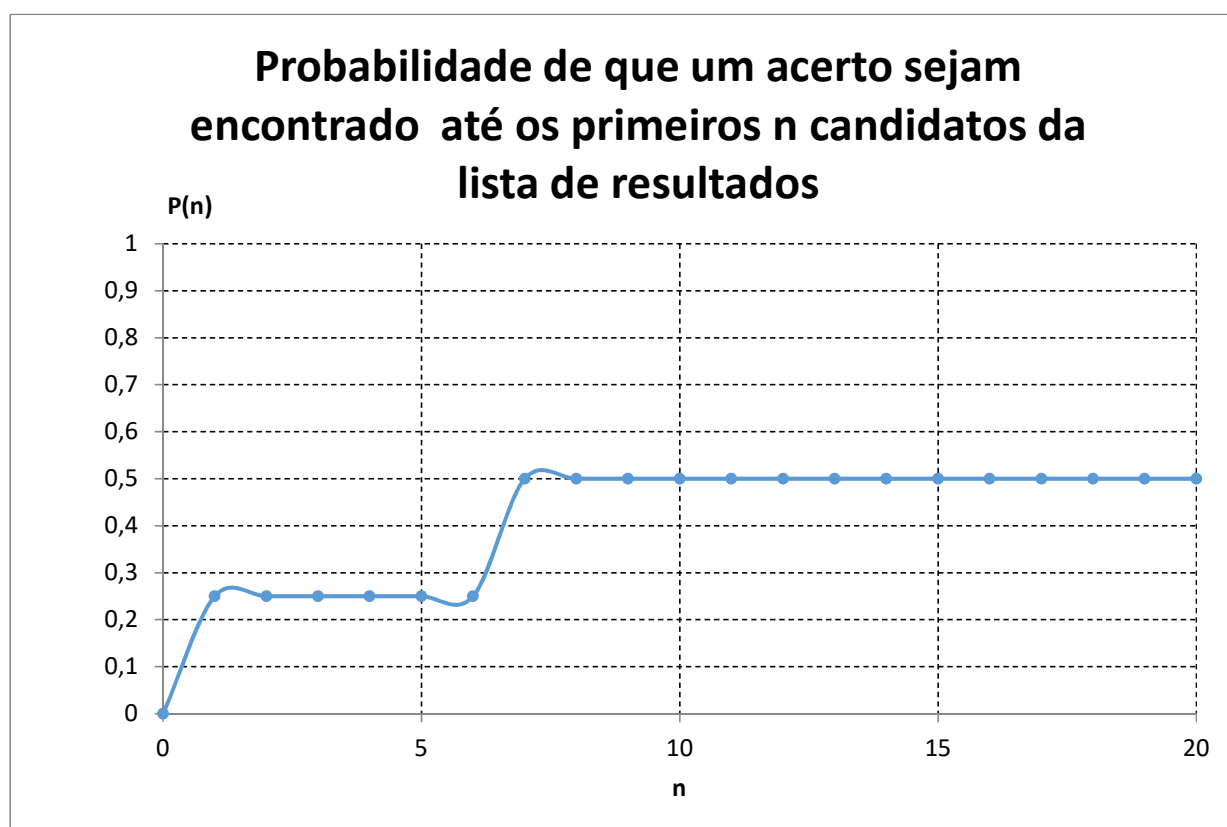
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
31	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	21	7	7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acumulado	0	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50

Área	8,25	0,13	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,38	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
------	------	------	------	------	------	------	------	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Efetividade ( $\Gamma$ ) =	0,41
----------------------------	------



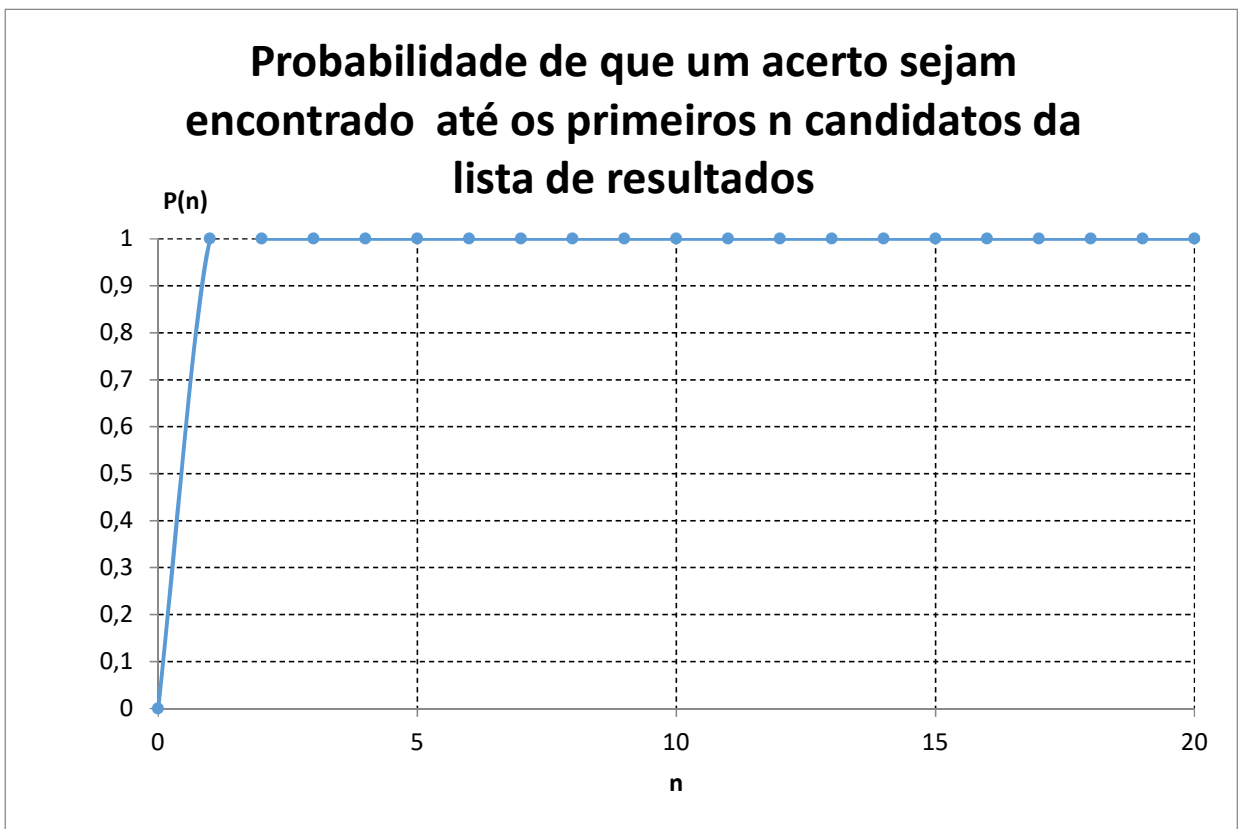
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
32	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	1	16	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acumulado	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Área	19,50	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
------	-------	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Efetividade ( $r$ ) =	0,98
-----------------------	------





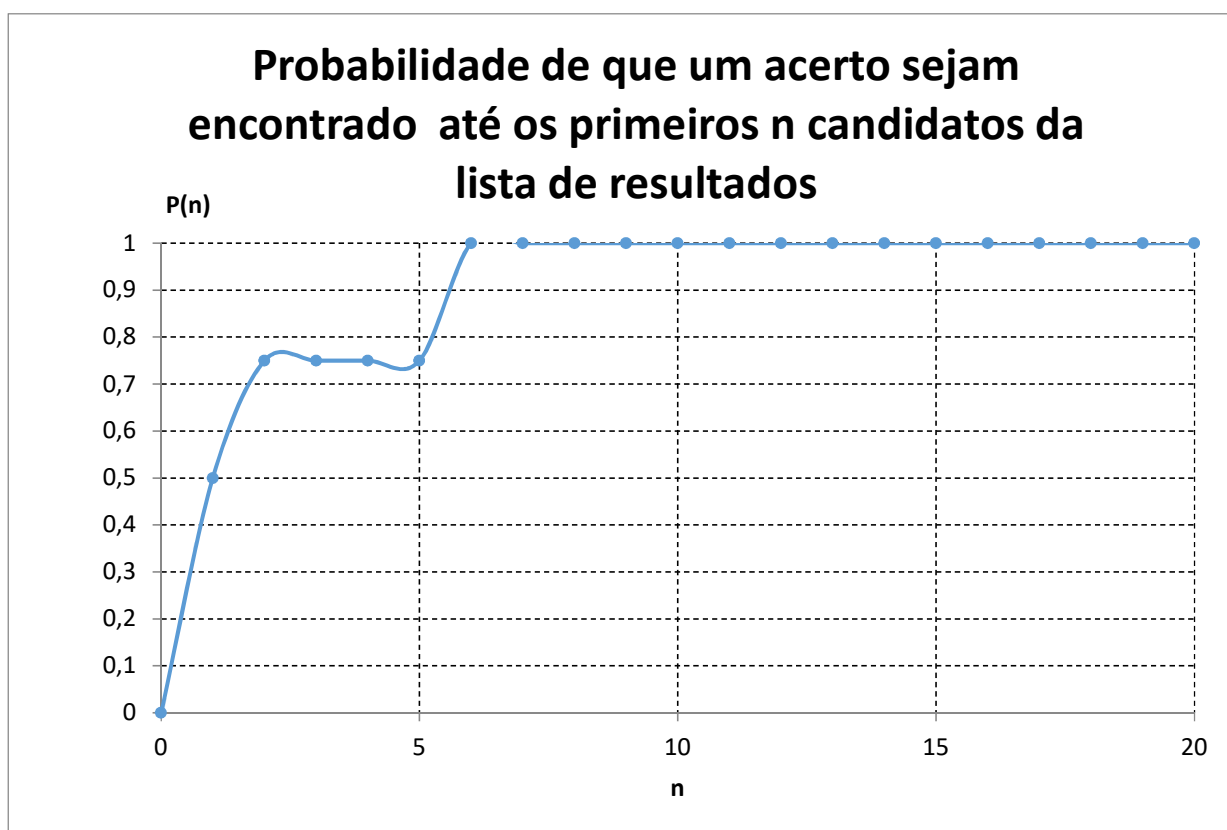
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
33	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	2	5	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	6	21	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	0,50	0,25	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acumulado	0	0,50	0,75	0,75	0,75	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Área	18,00	0,25	0,63	0,75	0,75	0,75	0,88	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
------	-------	------	------	------	------	------	------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Efetividade ( $\Gamma$ ) =	0,90
----------------------------	------



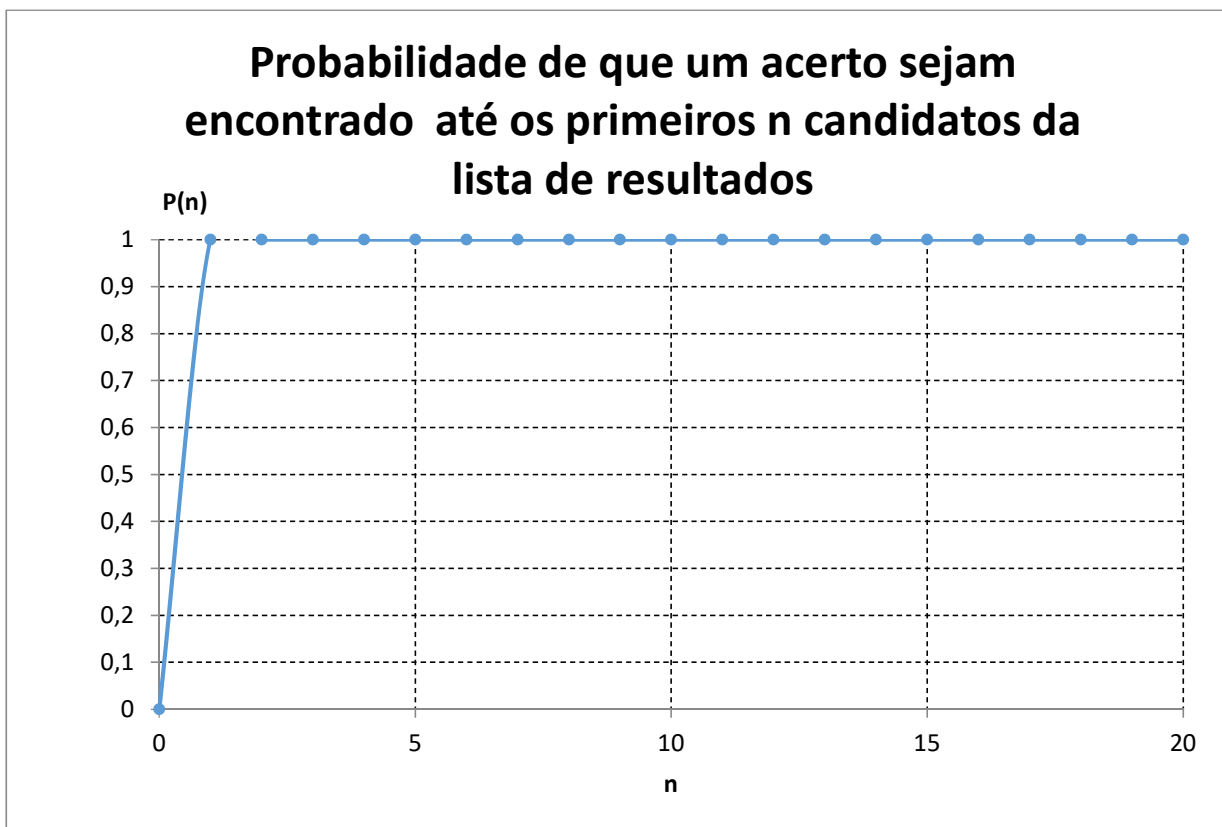
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
34	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acumulado	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Área	19,50	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
------	-------	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Efetividade ( $\Gamma$ ) =	0,98
----------------------------	------



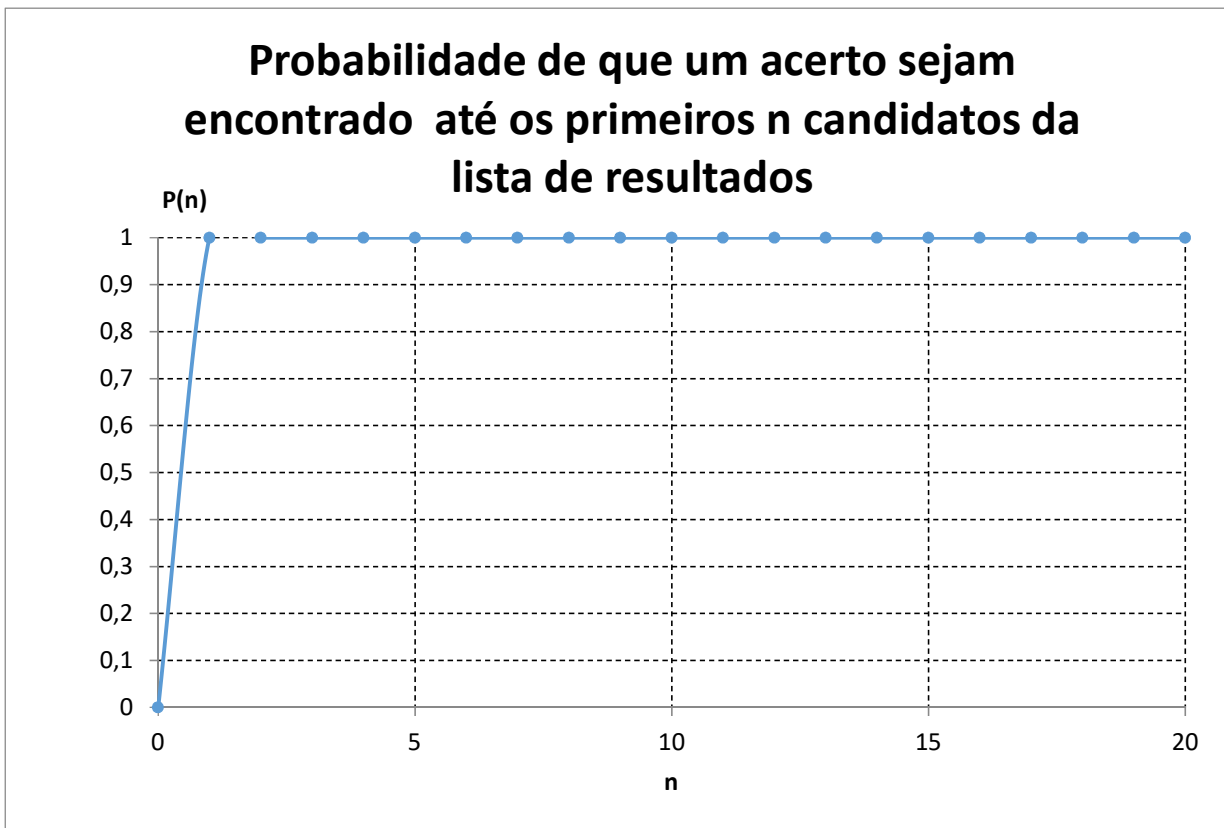
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
35	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	1	16	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acumulado	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Área	19,50	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
------	-------	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Efetividade ( $r$ ) =	0,98
-----------------------	------



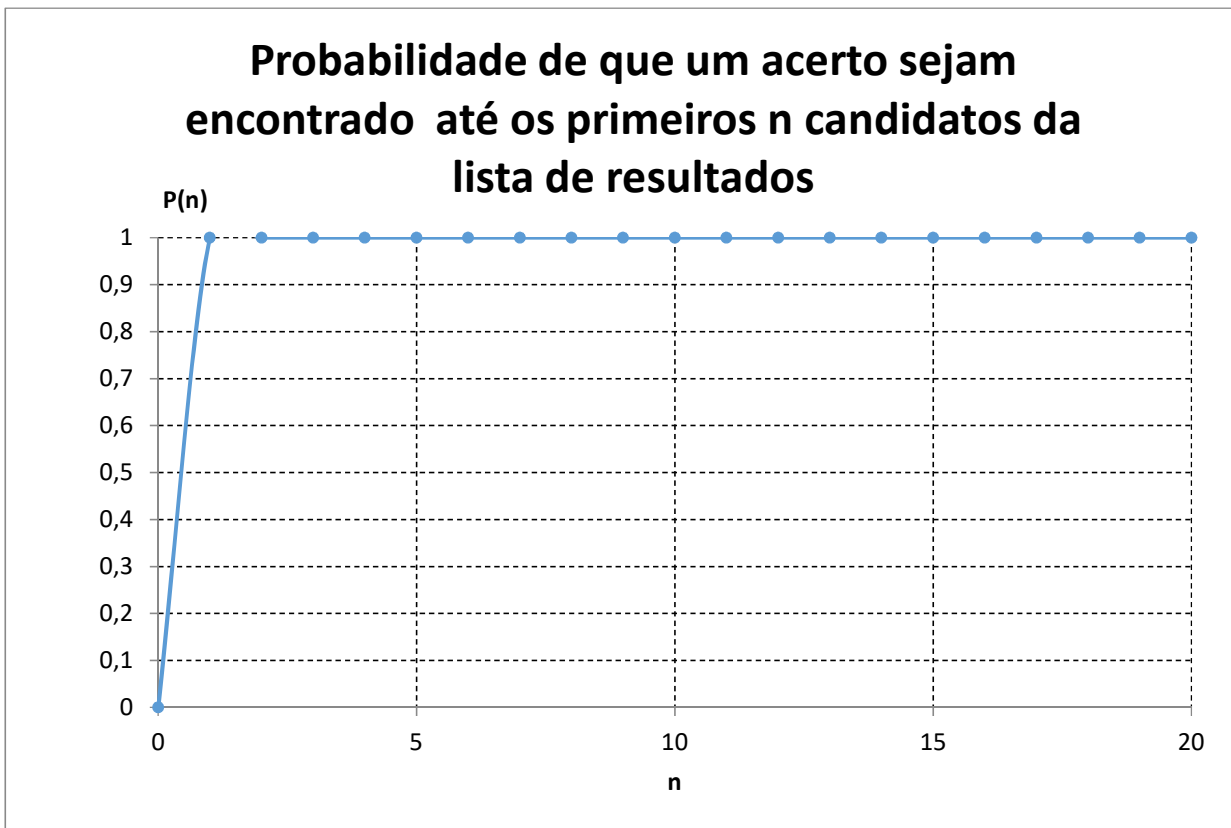
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
36	1	16	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acumulado	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Área	19,50	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
------	-------	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Efetividade ( $\Gamma$ ) =	0,98
----------------------------	------



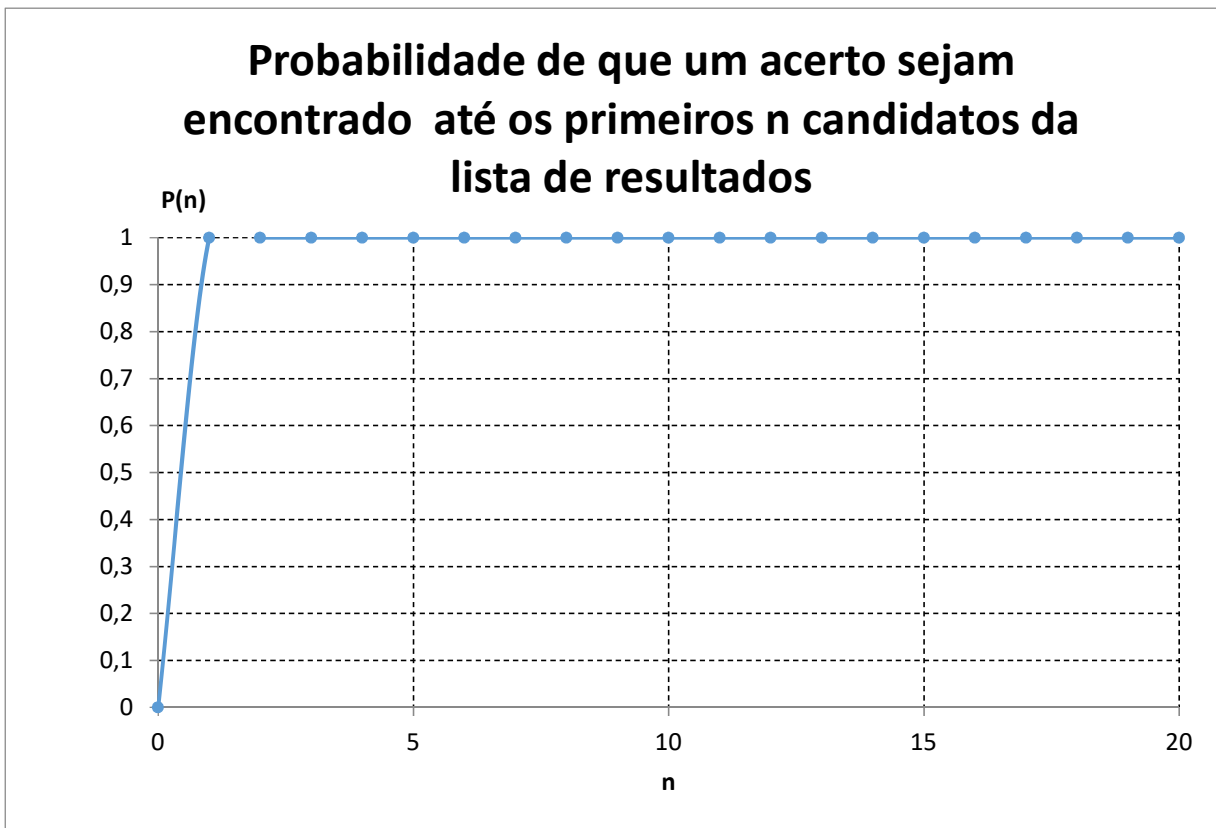
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
37	1	16	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acumulado	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Área	19,50	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
------	-------	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Efetividade ( $r$ ) =	0,98
-----------------------	------



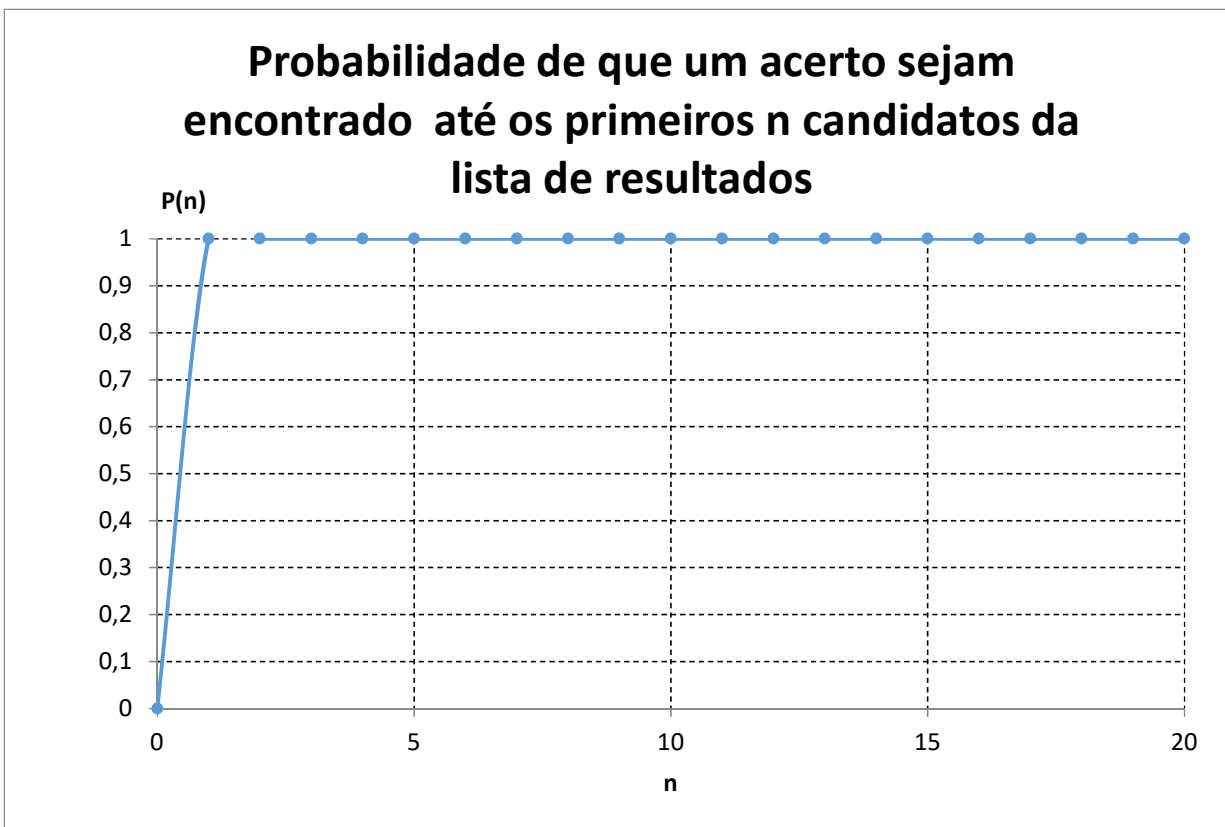
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
38	1	8	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	1	8	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acumulado	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Área	19,50	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
------	-------	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Efetividade ( $\Gamma$ ) =	0,98
----------------------------	------



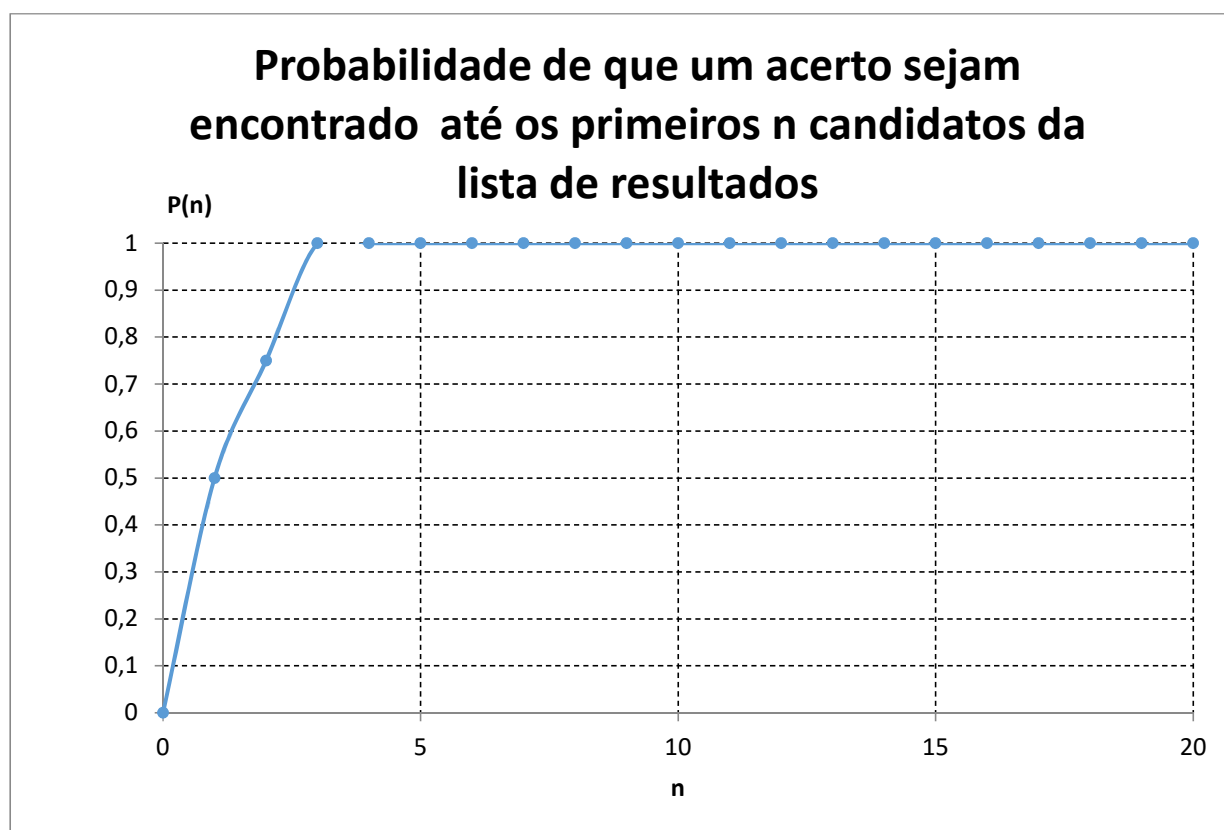
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
39	2	21	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	3	21	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	0,50	0,25	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acumulado	0	0,50	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Área	18,75	0,25	0,63	0,88	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
------	-------	------	------	------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Efetividade ( $r$ ) =	0,94
-----------------------	------



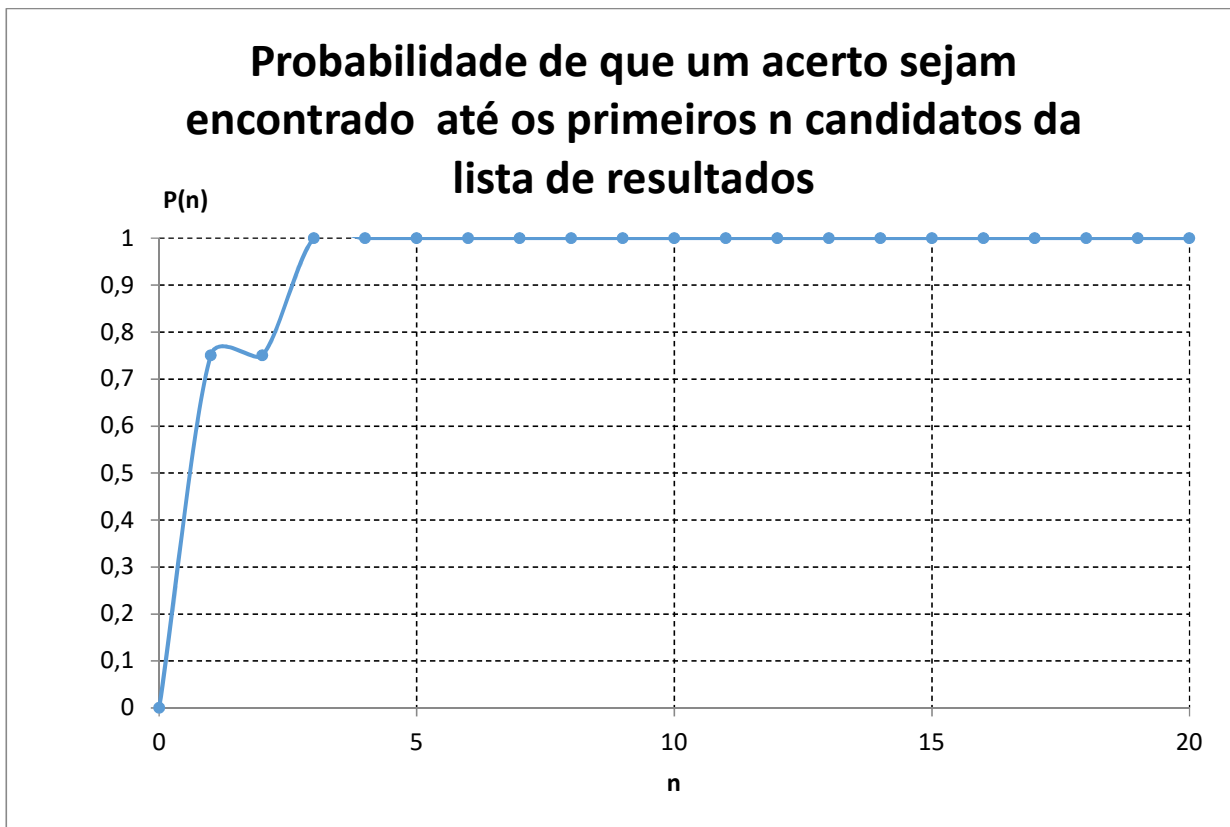
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
40	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	3	10	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	1	7	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
Probabilidade	0	0,75	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acumulado	0	0,75	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Área	19,00	0,38	0,75	0,88	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
------	-------	------	------	------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Efetividade ( $\Gamma$ ) =	0,95
----------------------------	------





A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
41	4	21	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	11	21	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	0,25	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acumulado	0	0,25	0,25	0,25	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75

Área	11,38	0,13	0,25	0,25	0,38	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,63	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
------	-------	------	------	------	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Efetividade ( $r$ ) =	0,57
-----------------------	------



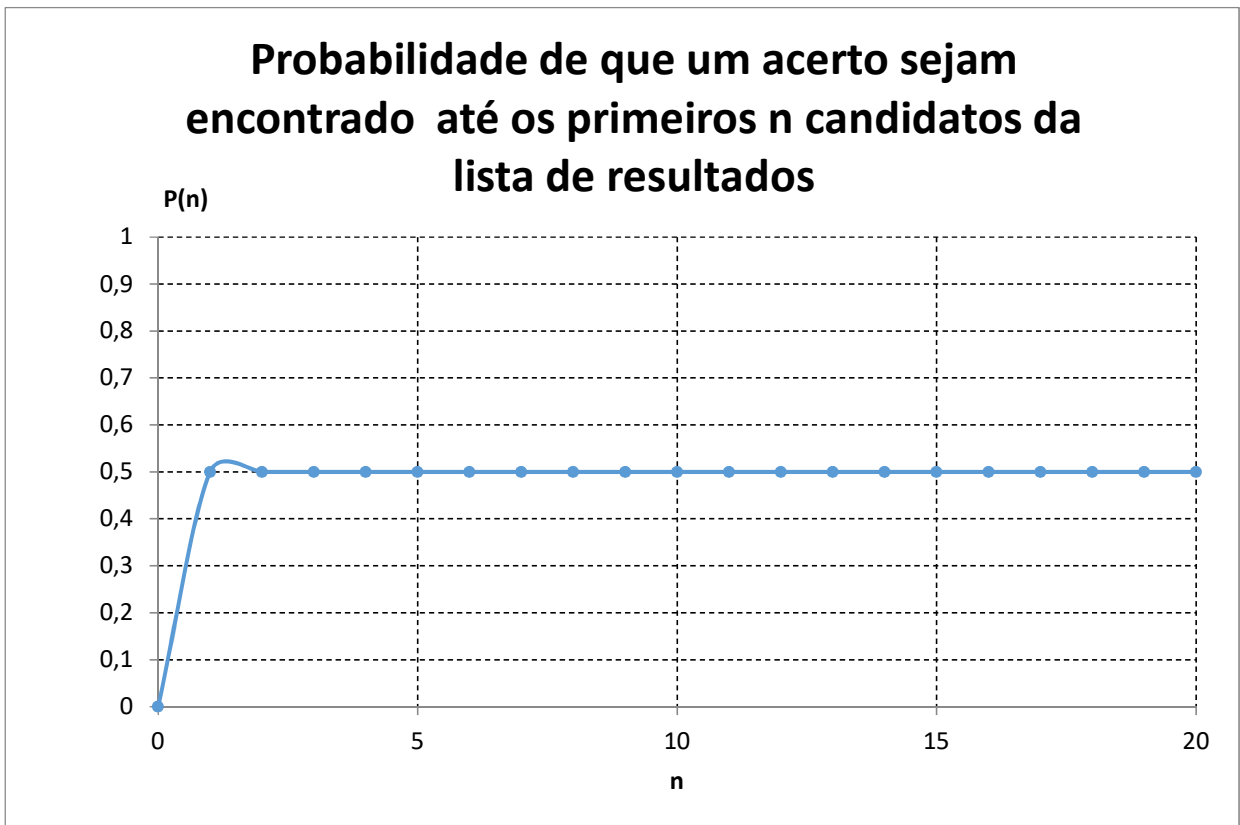
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
42	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acumulado	0	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50

Área	9,75	0,25	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
------	------	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Efetividade ( $\Gamma$ ) =	0,49
----------------------------	------



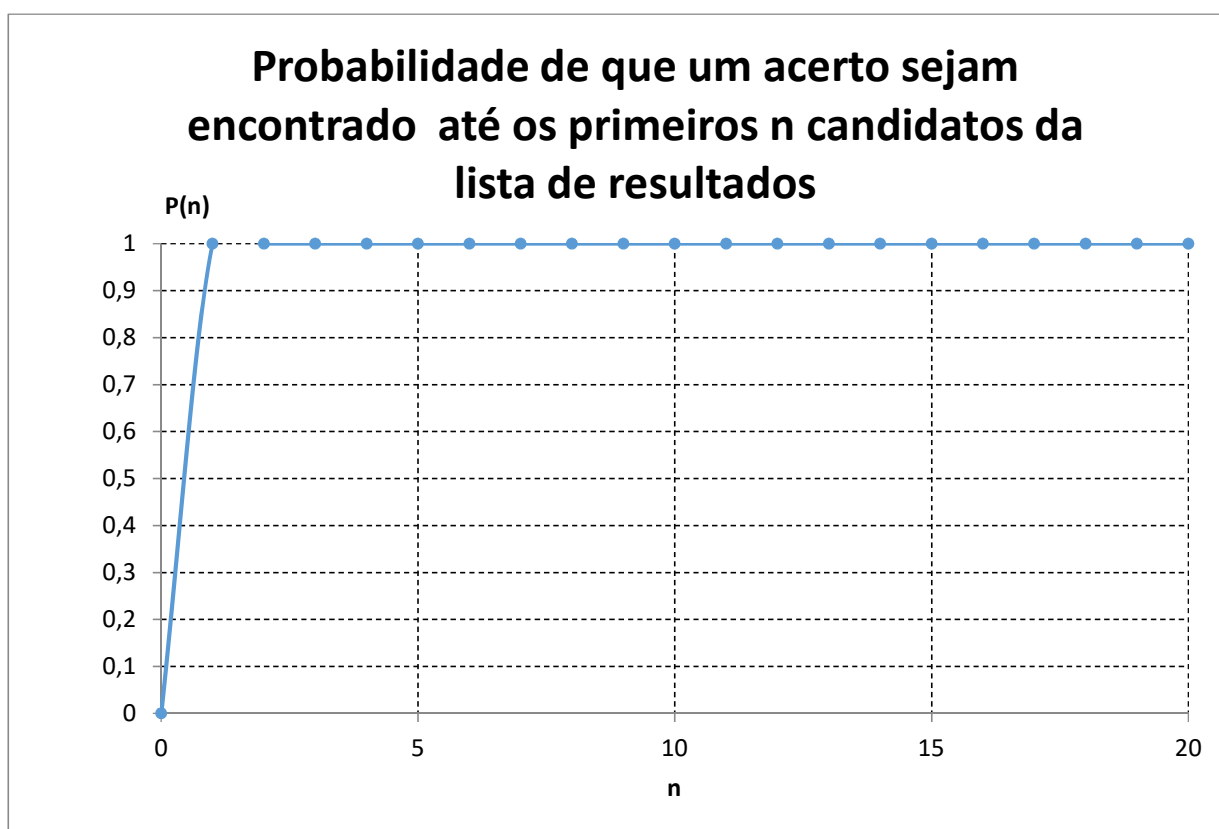
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
43	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acumulado	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Área	19,50	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
------	-------	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Efetividade ( $r$ ) =	0,98
-----------------------	------



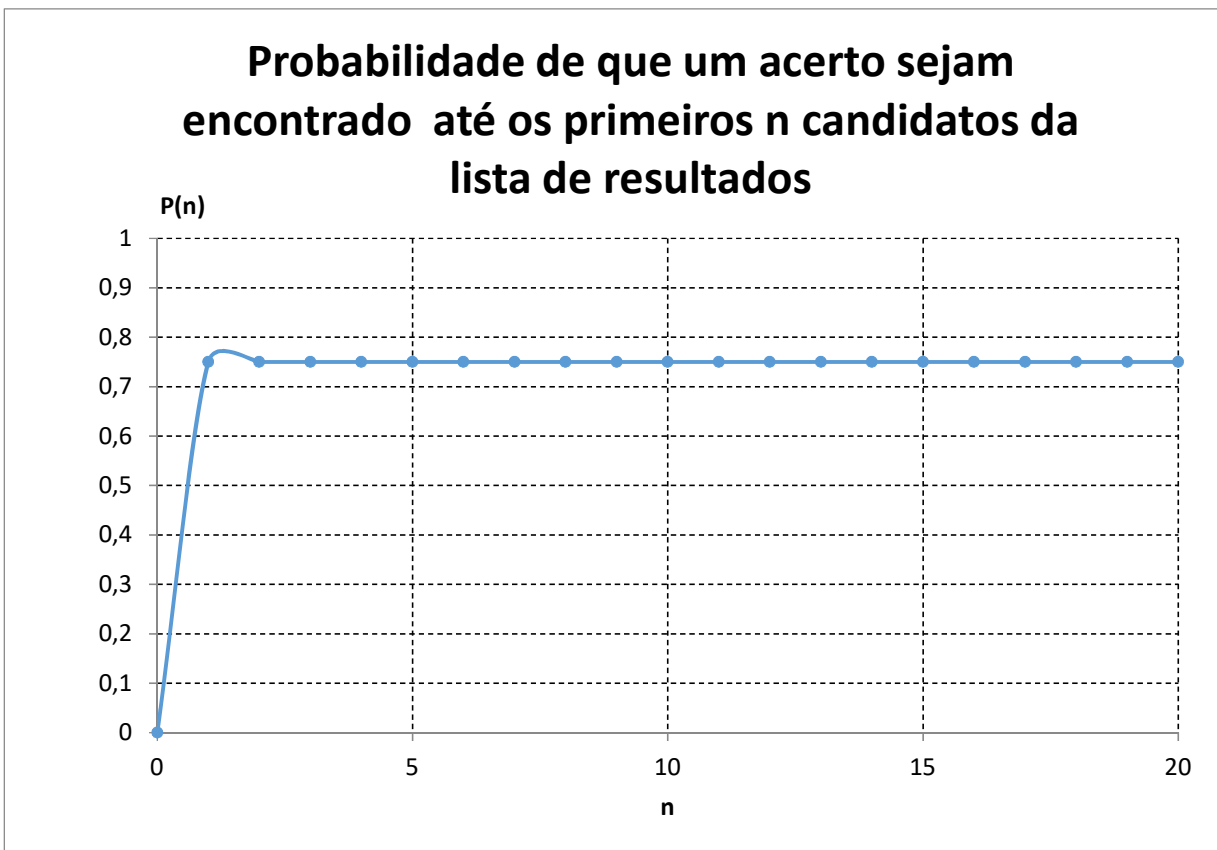
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
44	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acumulado	0	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75

Área	14,63	0,38	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
------	-------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Efetividade ( $r$ ) =	0,73
-----------------------	------



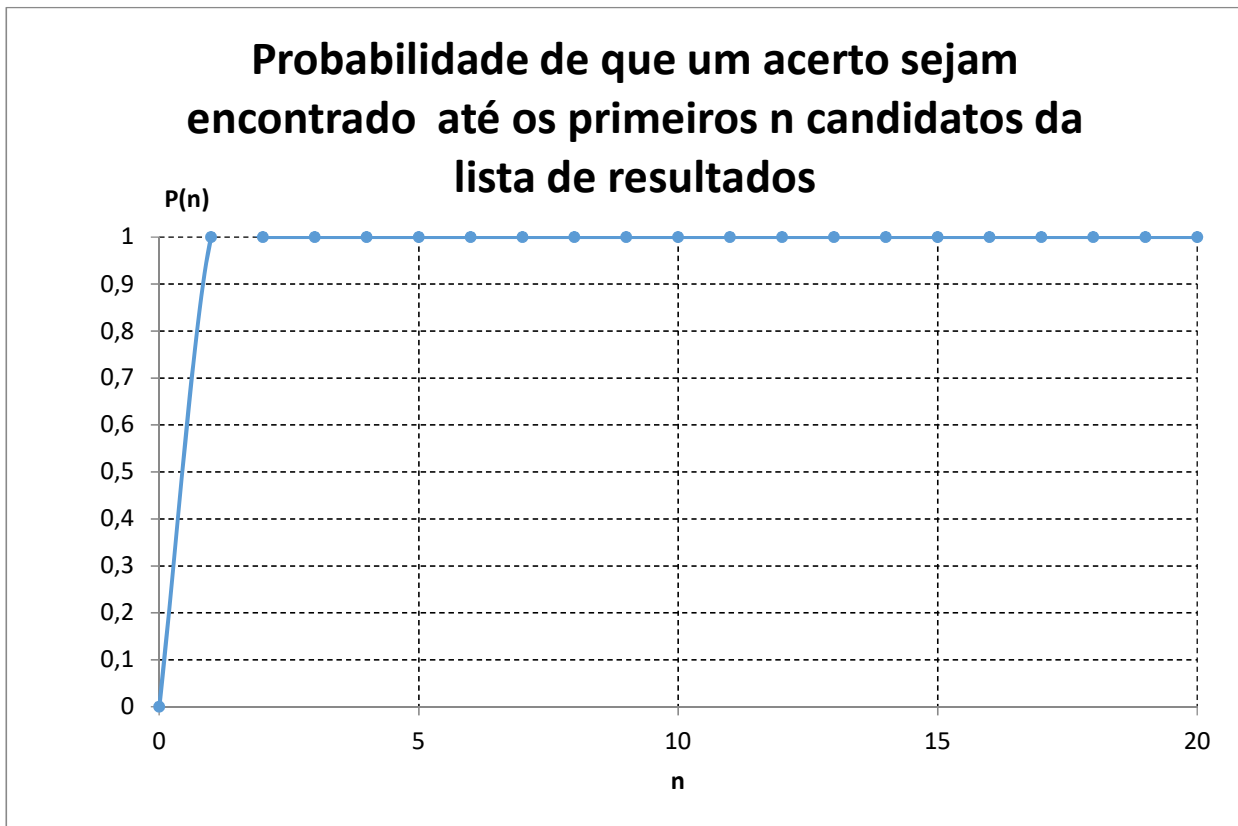
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
45	1	7	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	1	7	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	1	12	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acumulado	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Área	19,50	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
------	-------	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Efetividade ( $r$ ) =	0,98
-----------------------	------



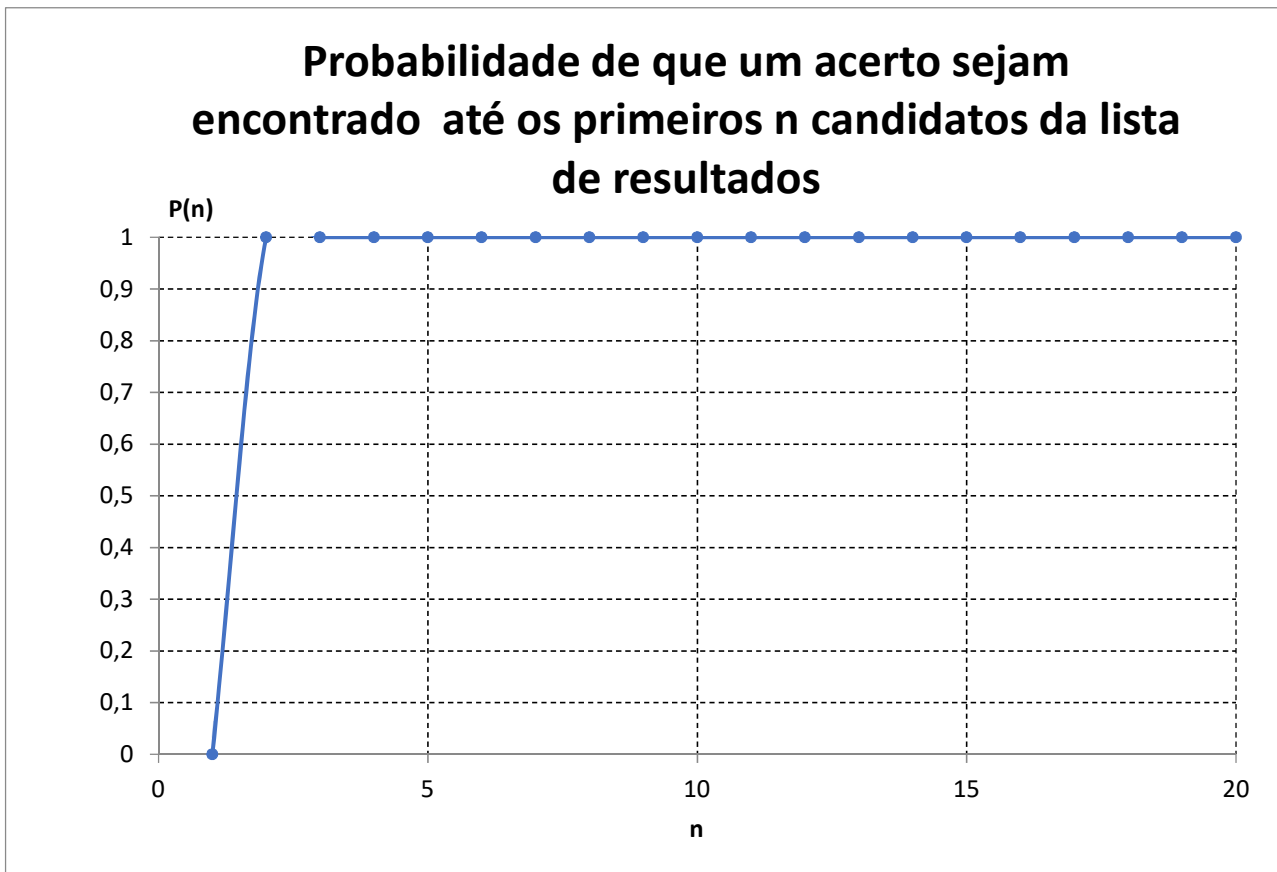
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	>20
1	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	10	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	6	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	>20	
Probabilidade	0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Acumulado	0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Área	19,50	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
------	-------	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Efetividade ( $r$ ) =	0,98
-----------------------	------



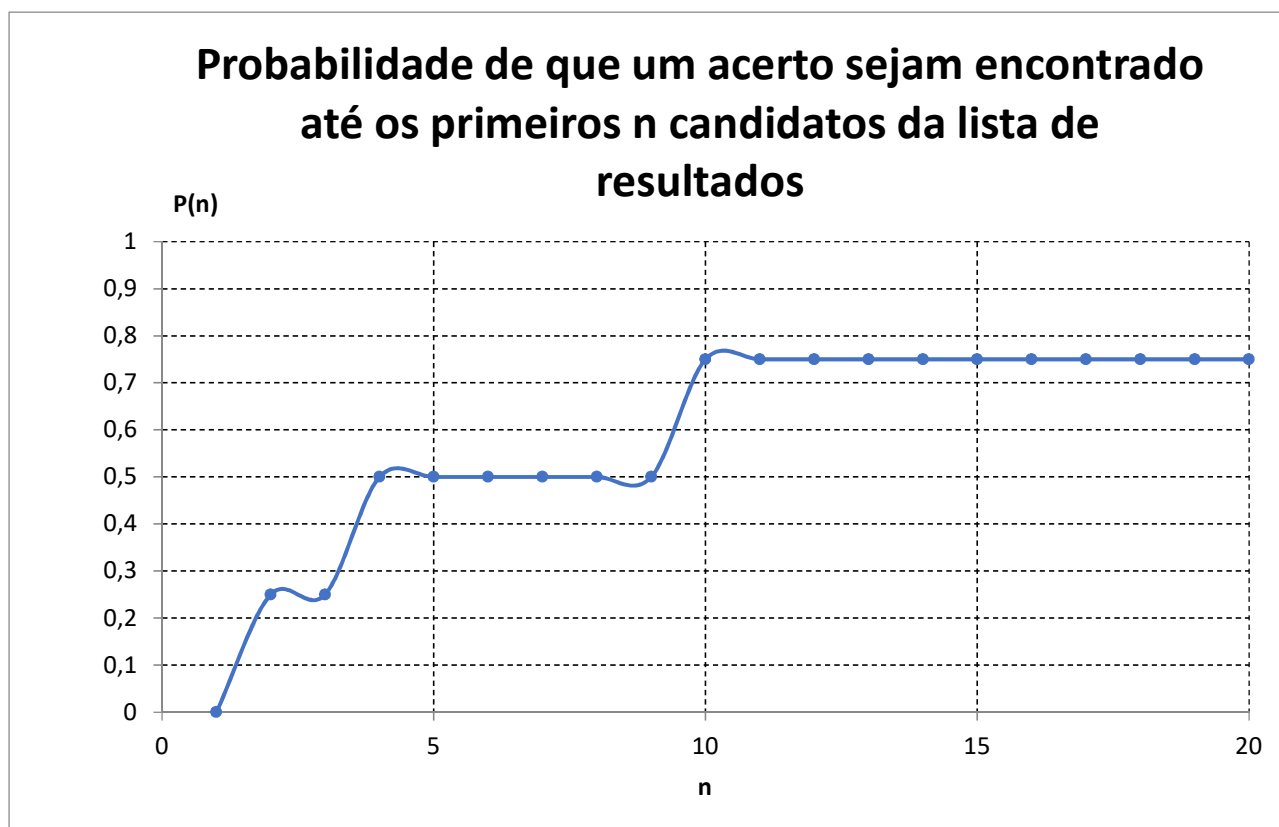
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2	1	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	8	3	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	9	21	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	0,3	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Acumulado	0	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

Área	12,13	0,13	0,25	0,38	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,63	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
------	-------	------	------	------	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Efetividade ( $\Gamma$ ) =	0,61
----------------------------	------



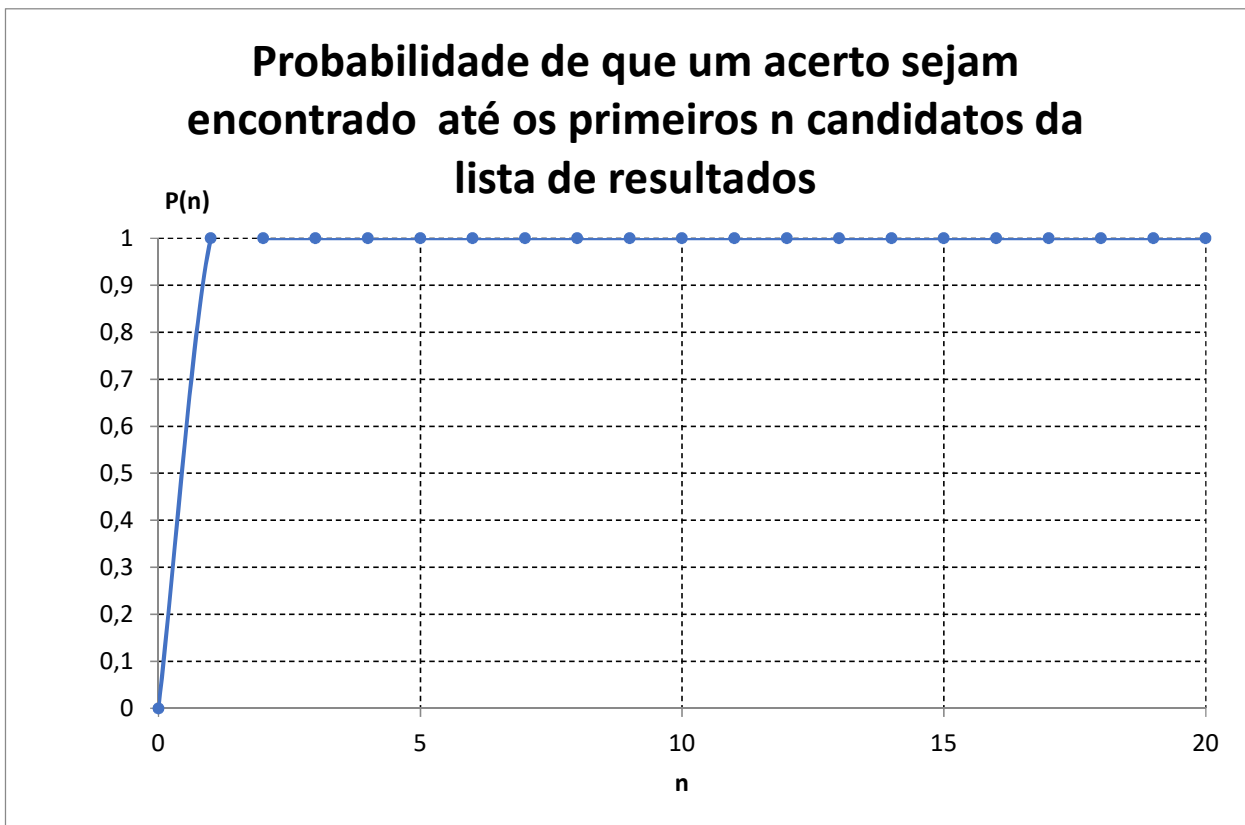
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Acumulado	0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Área	19,50	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
------	-------	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Efetividade ( $\Gamma$ ) =	0,98
----------------------------	------





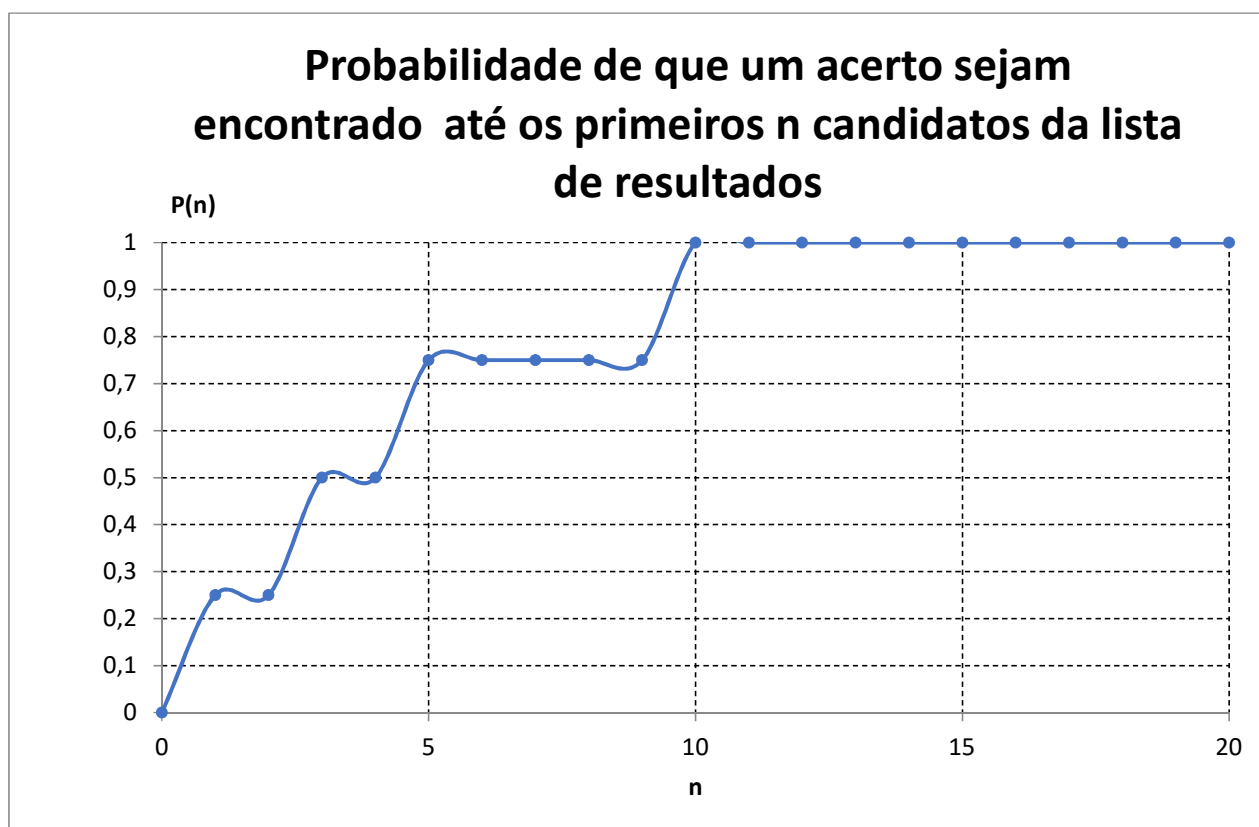
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
4	3	21	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	10	21	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	5	18	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	7	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	0,3	0,0	0,3	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Acumulado	0	0,3	0,3	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Área	15,75	0,13	0,25	0,38	0,5	0,63	0,75	0,75	0,75	0,75	0,88	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
------	-------	------	------	------	-----	------	------	------	------	------	------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Efetividade ( $\Gamma$ ) =	0,79
----------------------------	------



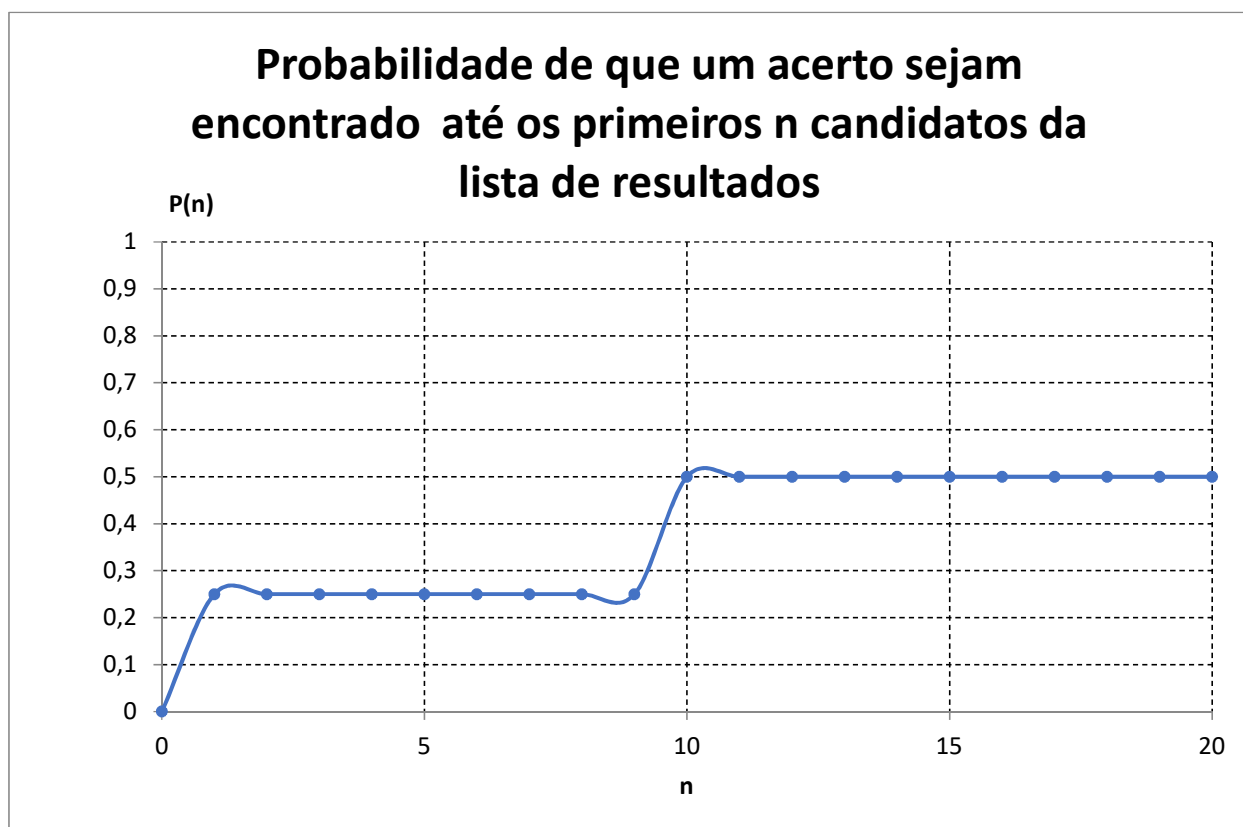
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
5	21	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	10	21	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Acumulado	0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Área	7,50	0,13	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,38	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Efetividade ( $\Gamma$ ) =	0,38
----------------------------	------



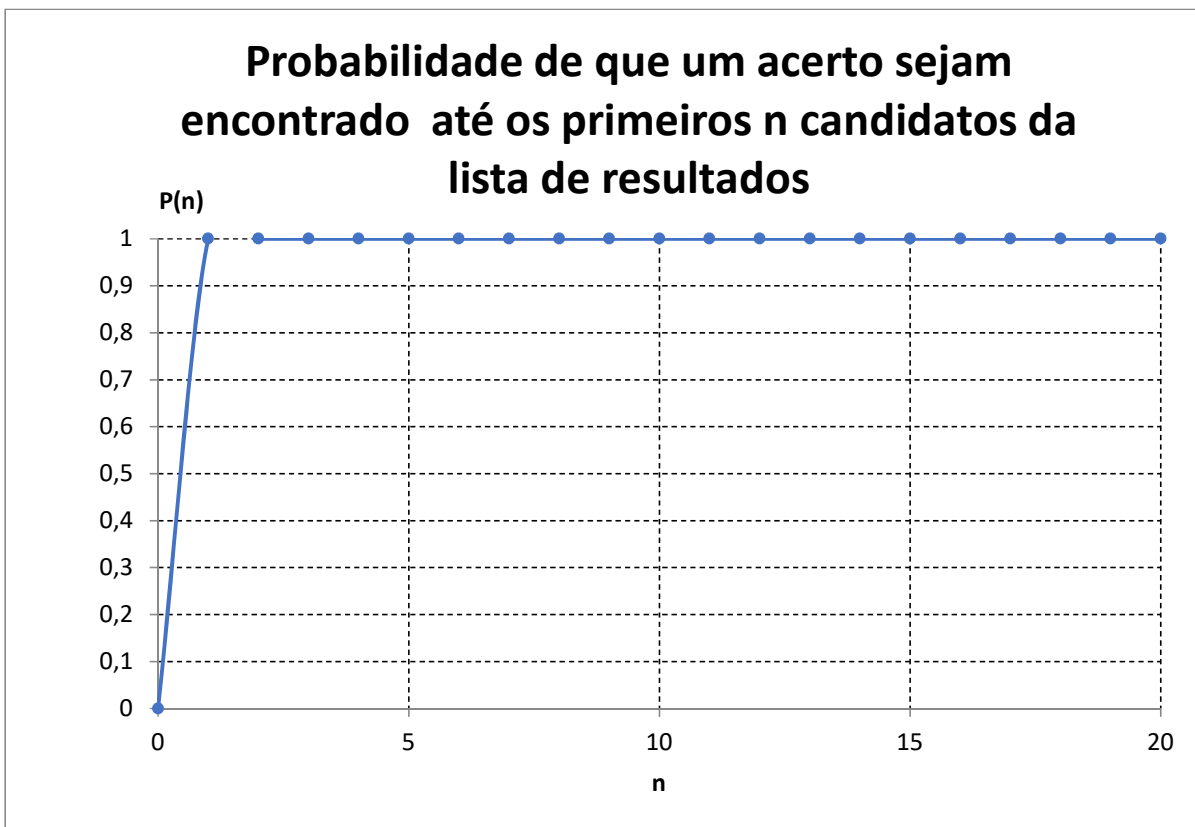
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
7	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1	16	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1	17	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1	9	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Acumulado	0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Área	19,50	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
------	-------	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Efetividade ( $\Gamma$ ) =	0,98
----------------------------	------



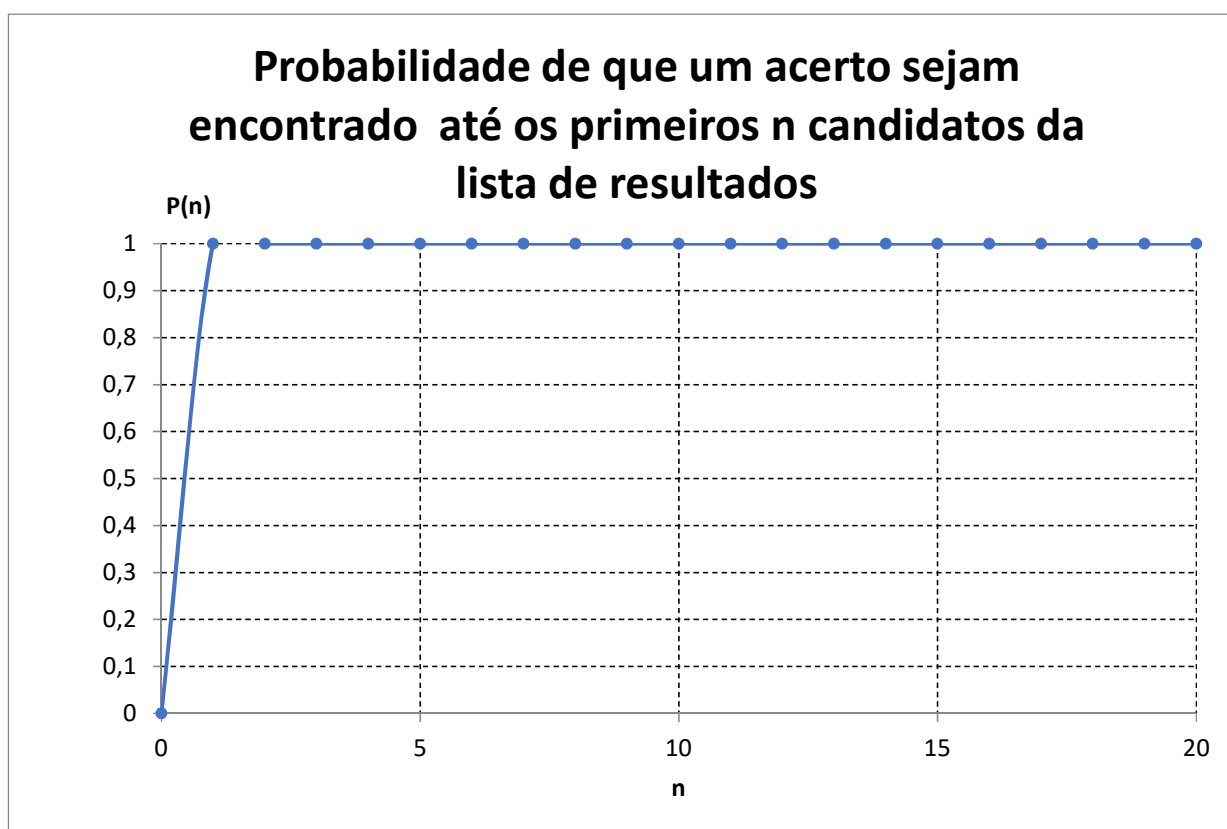
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
8	1	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1	7	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	1,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Acumulado	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Área	19,50	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
------	-------	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Efetividade ( $r$ ) =	0,98
-----------------------	------



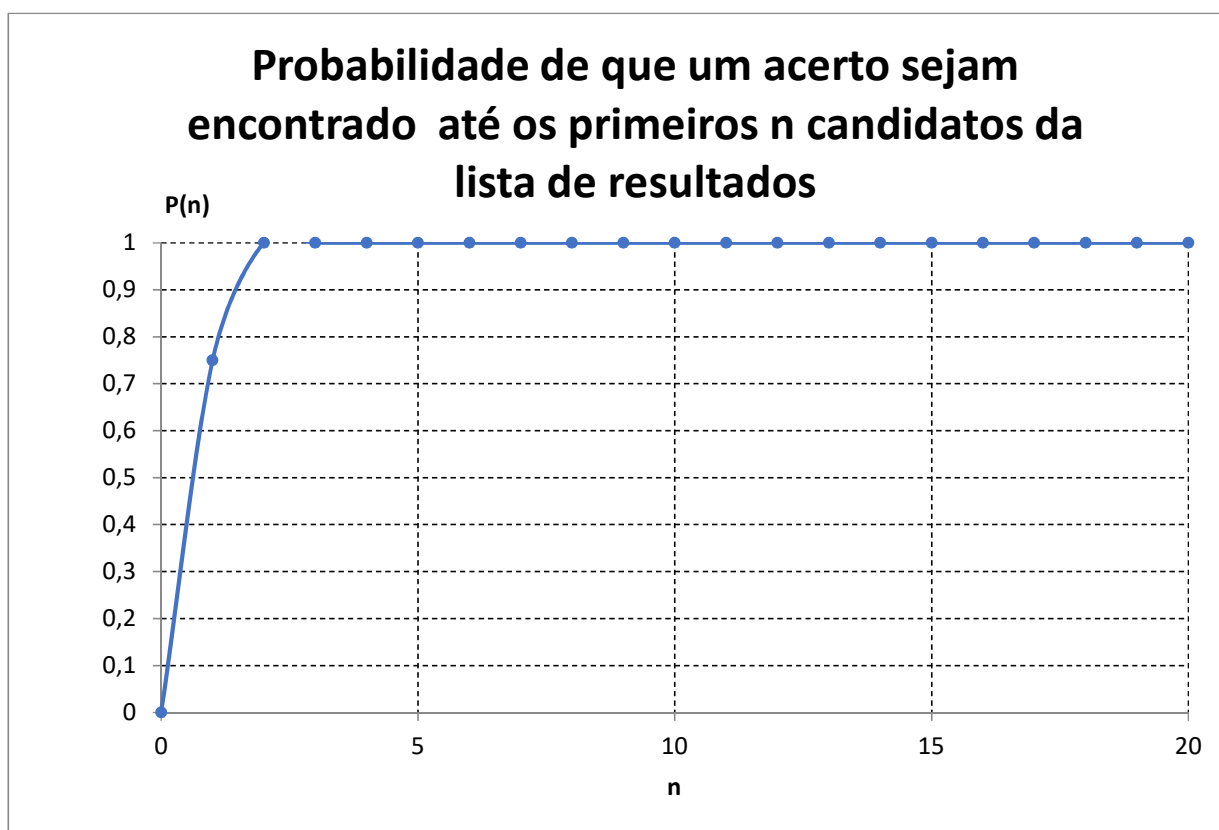
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
9	1	11	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1	8	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	2	19	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####
Acumulado	0	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####	####

Área	19,25	0,38	0,88	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Efetividade ( $\Gamma$ ) =	0,96
----------------------------	------



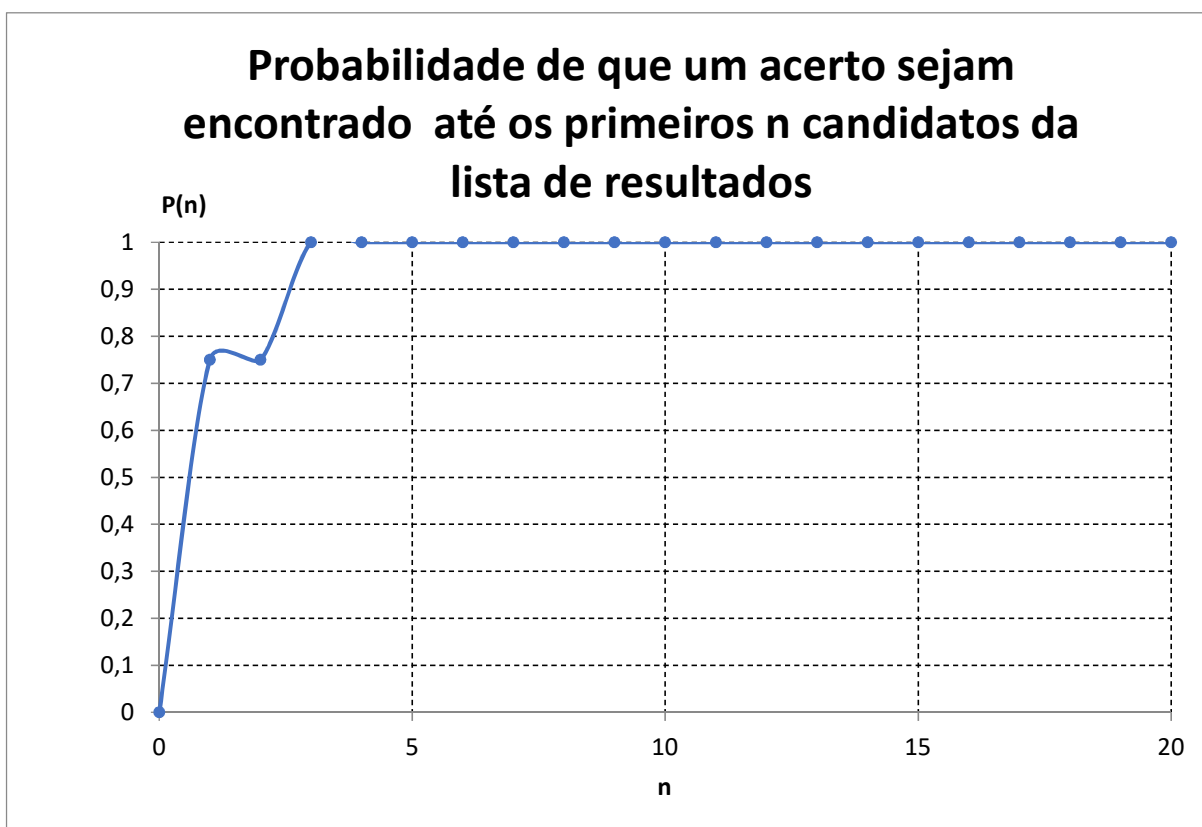
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
10	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	12	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	12	3	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	21	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	0,8	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Acumulado	0	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Área	19,00	0,38	0,75	0,88	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Efetividade ( $\Gamma$ ) =	0,95
----------------------------	------



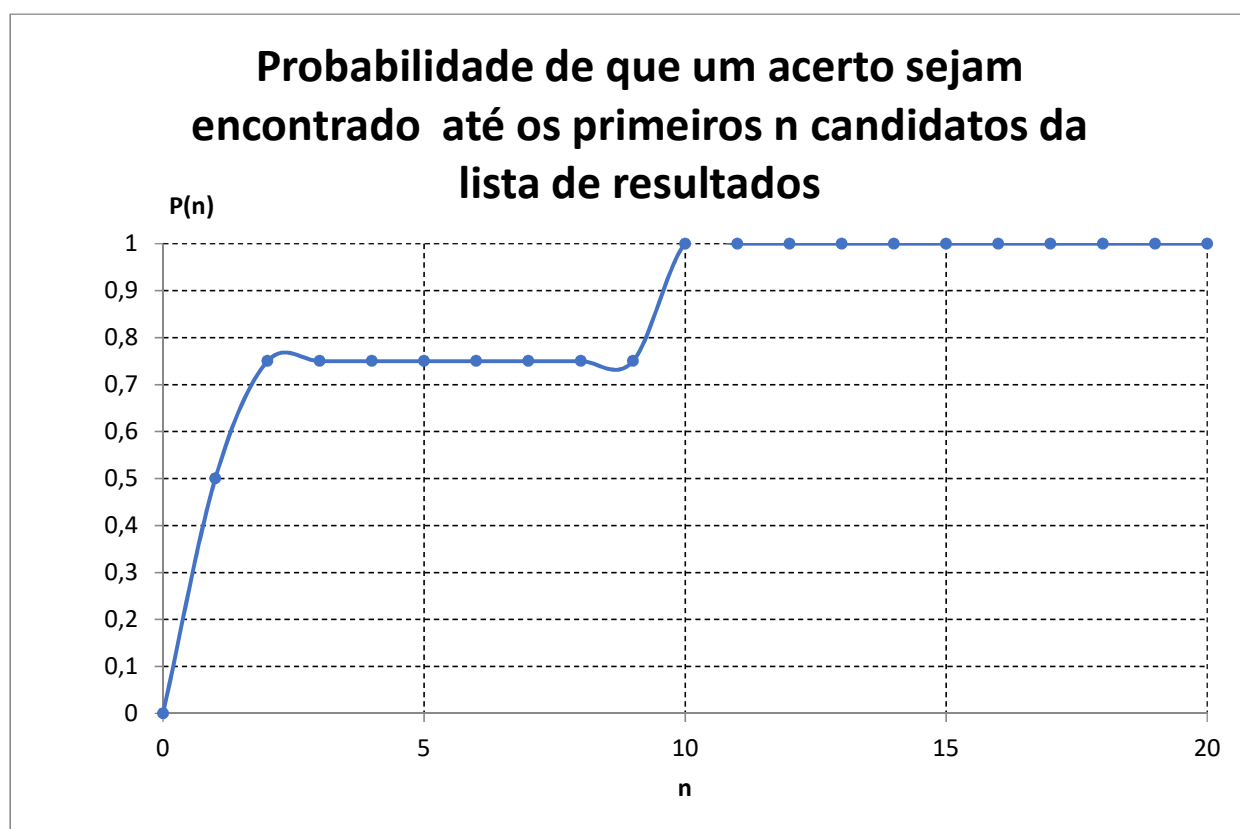
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
11	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	10	21	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	2	21	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	0,50	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acumulado	0	0,50	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Área	17,00	0,25	0,63	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,88	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
------	-------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Efetividade ( $r$ ) =	0,85
-----------------------	------



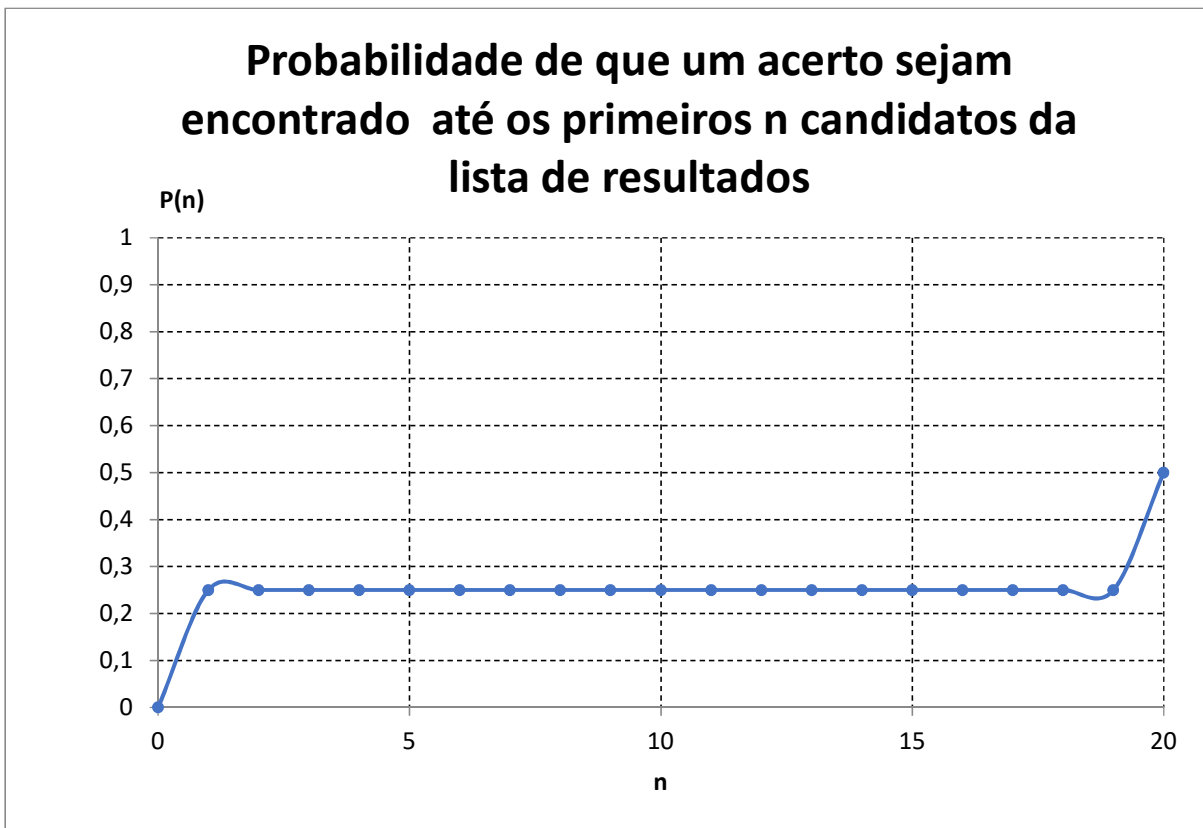
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
12	11	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	20	21	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
12	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
Probabilidade	0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	
Acumulado	0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5

Área	5,00	0,13	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,38
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Efetividade ( $\Gamma$ ) =	0,25
----------------------------	------





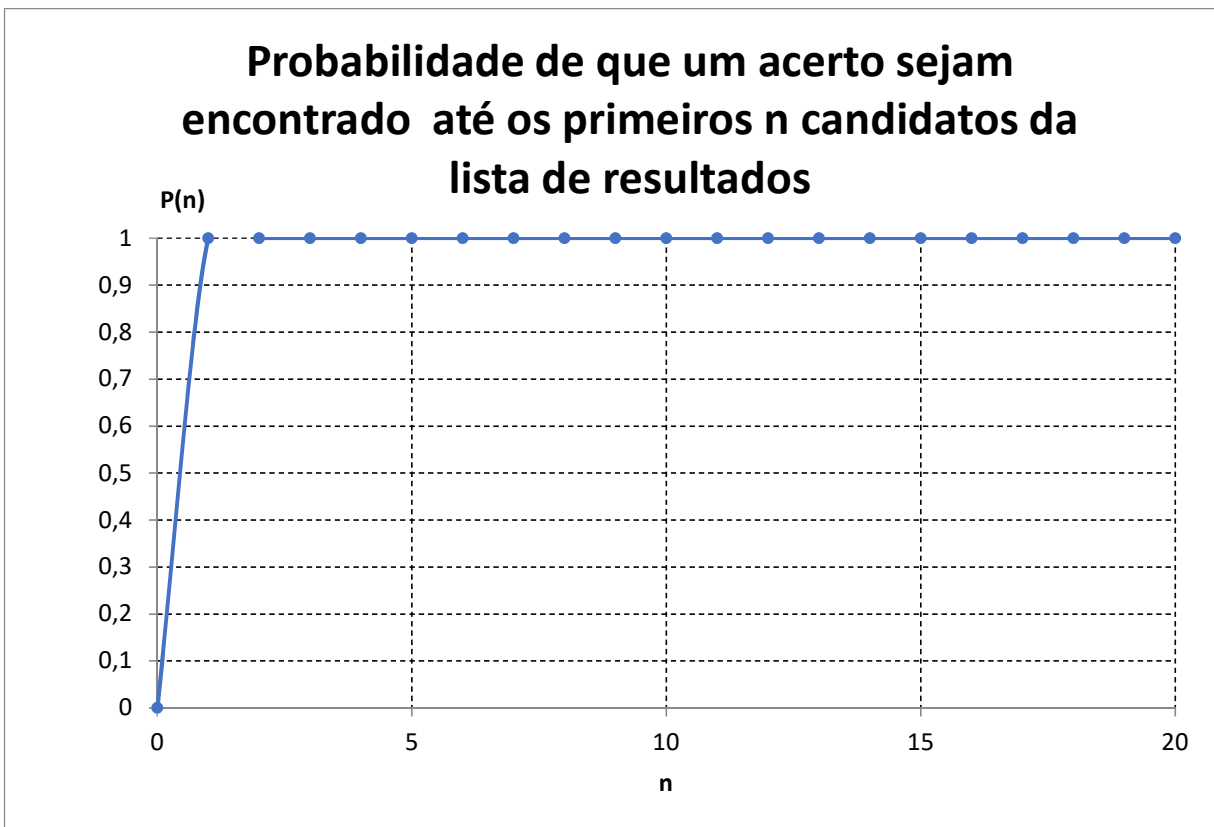
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
13	1	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	1	11	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Acumulado	0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Área	19,50	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
------	-------	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Efetividade ( $r$ ) =	0,98
-----------------------	------



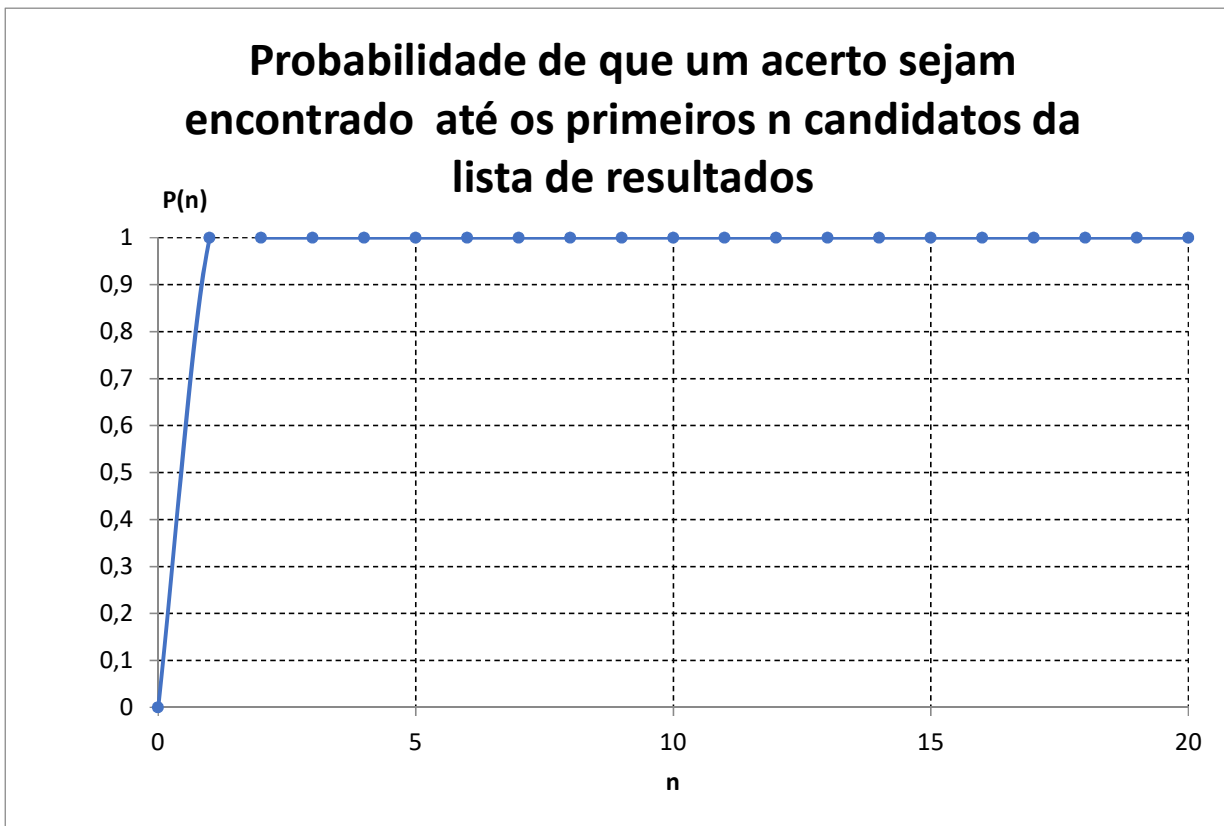
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
14	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	1	13	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	1	19	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Acumulado	0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Área	19,50	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
------	-------	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Efetividade ( $\Gamma$ ) =	0,98
----------------------------	------



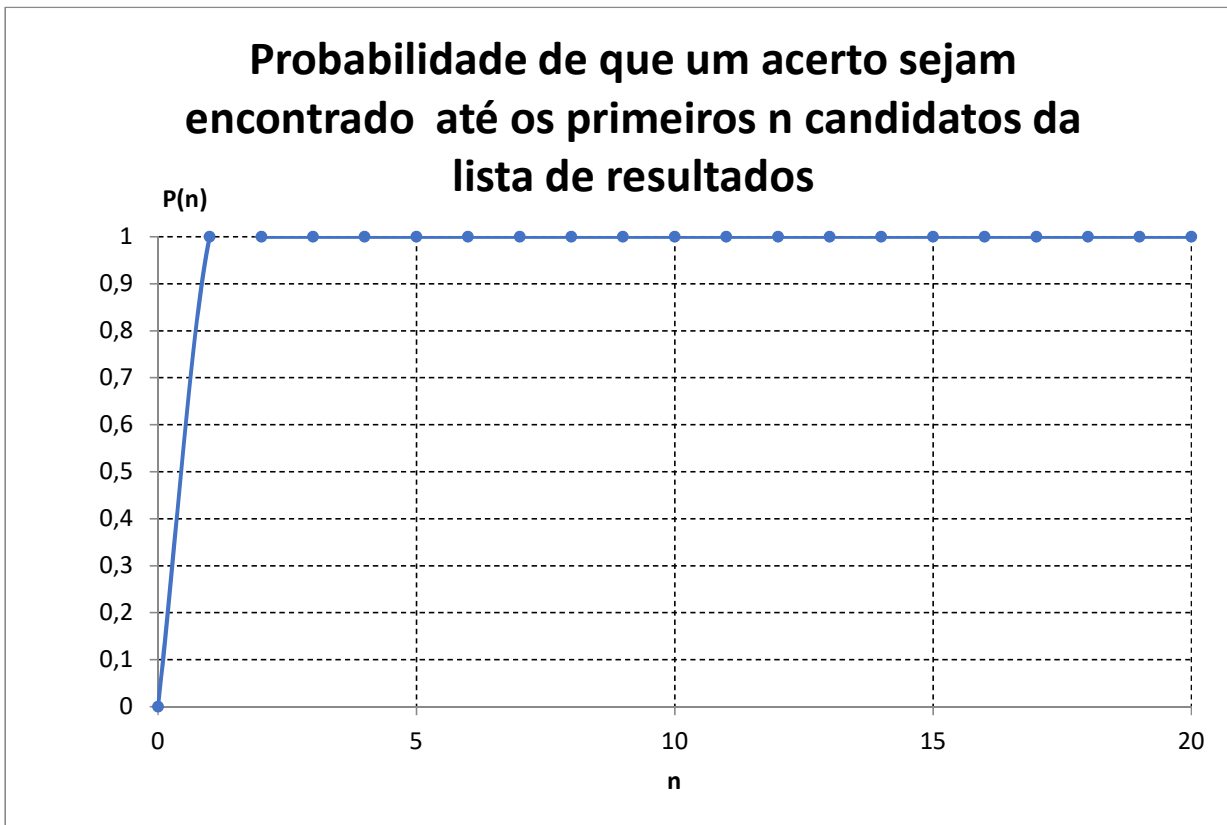
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
15	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	1	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Acumulado	0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Área	19,50	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
------	-------	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Efetividade ( $\Gamma$ ) =	0,98
----------------------------	------



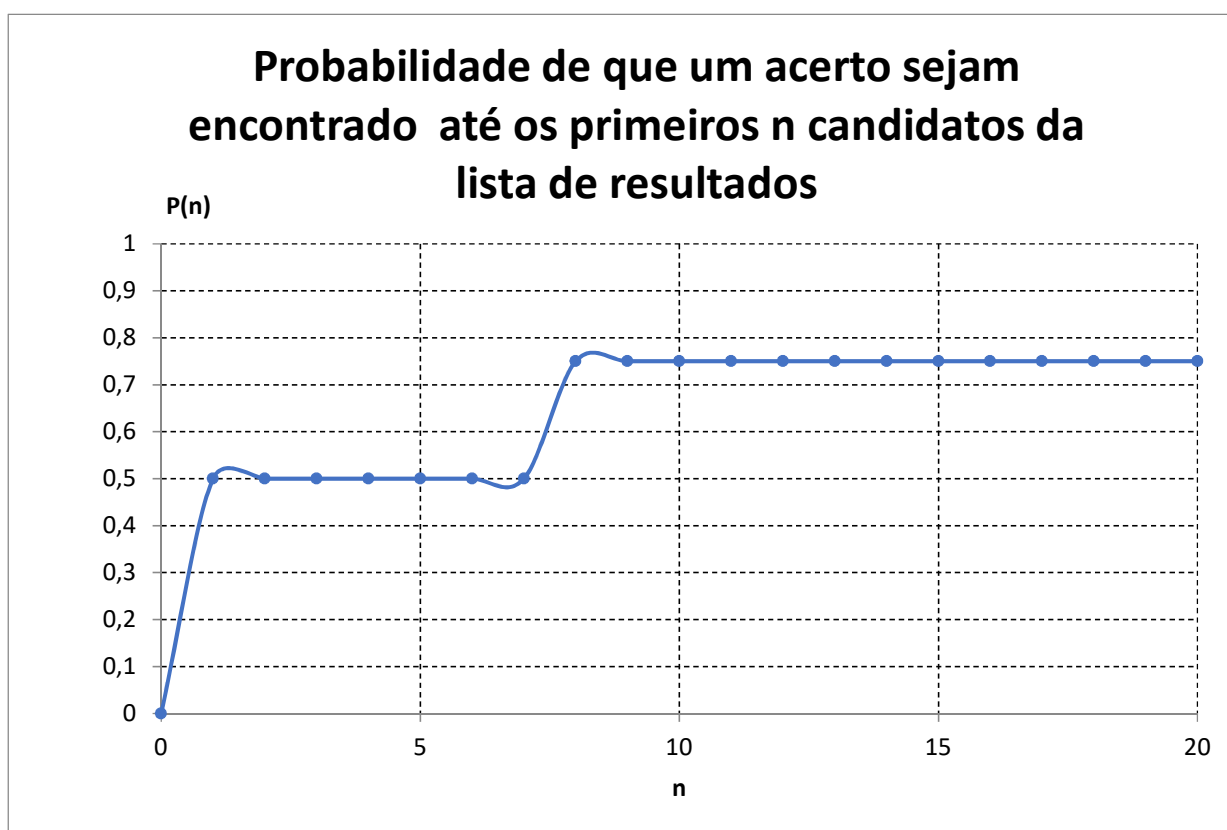
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
16	1	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	1	12	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	15	8	8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Acumulado	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

Área	12,88	0,25	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,63	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
------	-------	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Efetividade ( $\Gamma$ ) =	0,64
----------------------------	------



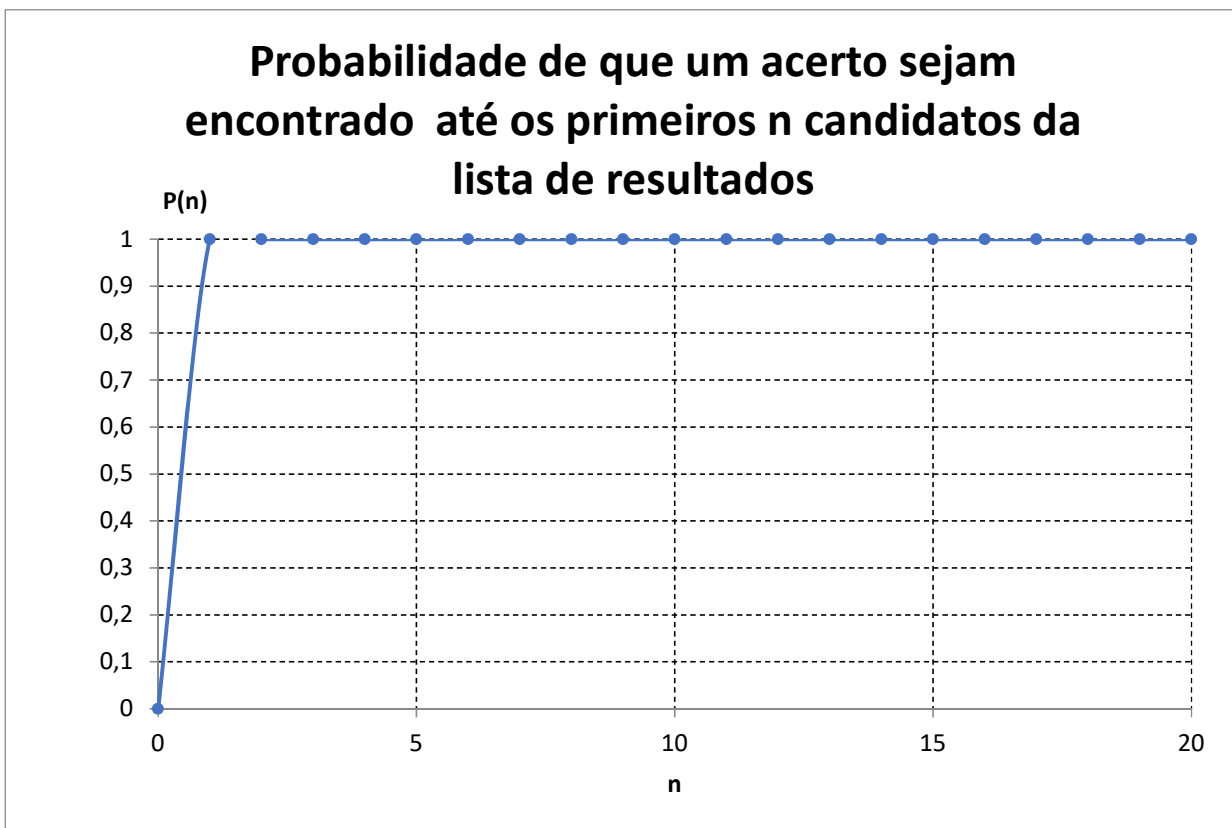
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
17	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Acumulado	0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Área	19,50	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
------	-------	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Efetividade ( $\Gamma$ ) =	0,98
----------------------------	------



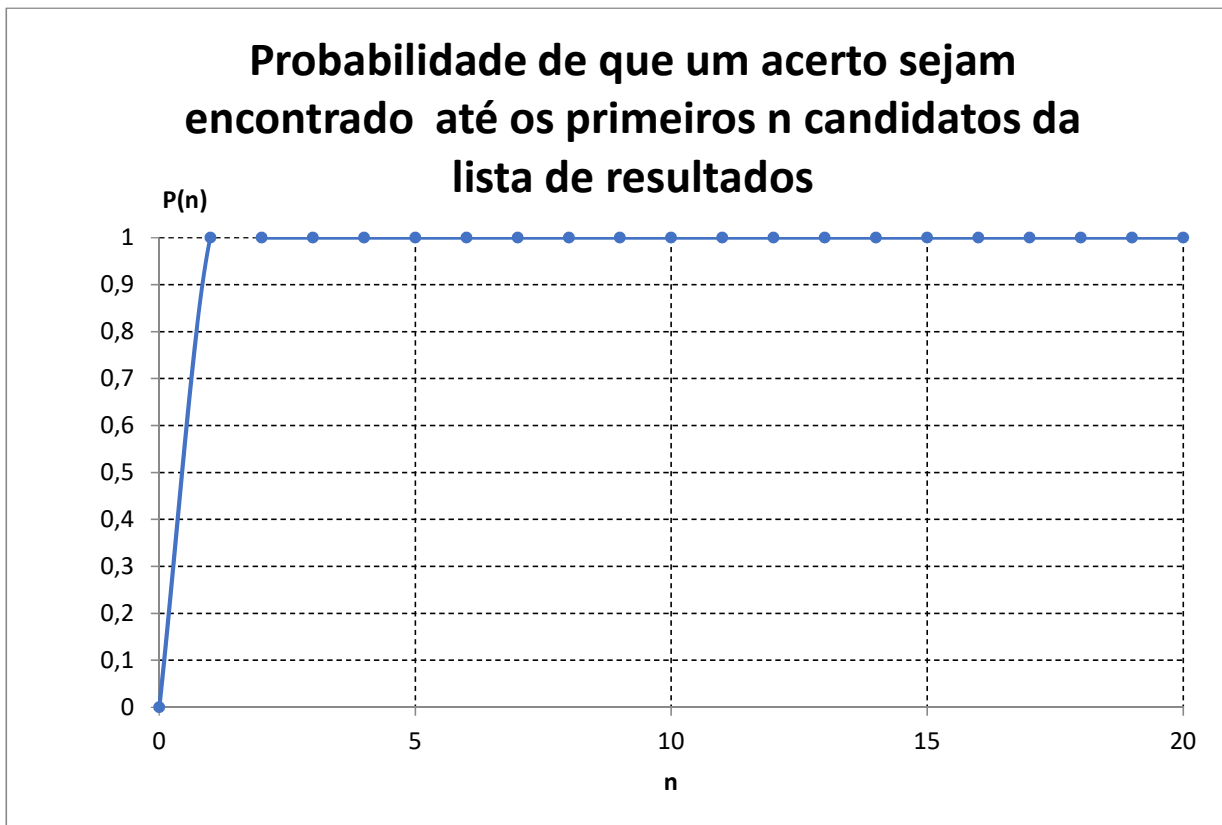
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
18	1	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	1	19	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	1	10	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Acumulado	0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Área	19,50	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
------	-------	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Efetividade ( $\Gamma$ ) =	0,98
----------------------------	------



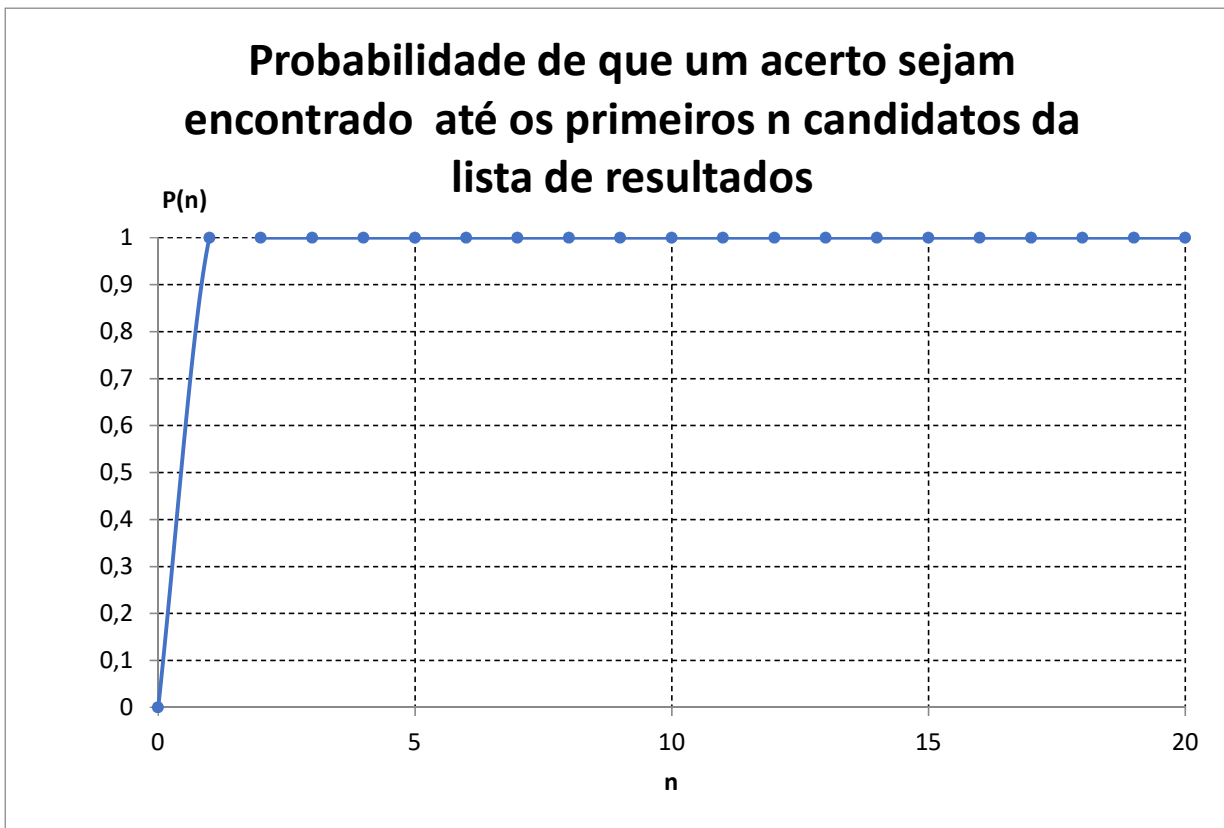
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
19	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	1	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	1	12	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
Probabilidade	0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Acumulado	0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Área	19,50	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
------	-------	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Efetividade ( $\Gamma$ ) =	0,98
----------------------------	------



A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
20	1	10	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1	8	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	21	5	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Acumulado	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

Área	13,63	0,25	0,5	0,5	0,5	0,63	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
------	-------	------	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Efetividade ( $\Gamma$ ) =	0,68
----------------------------	------





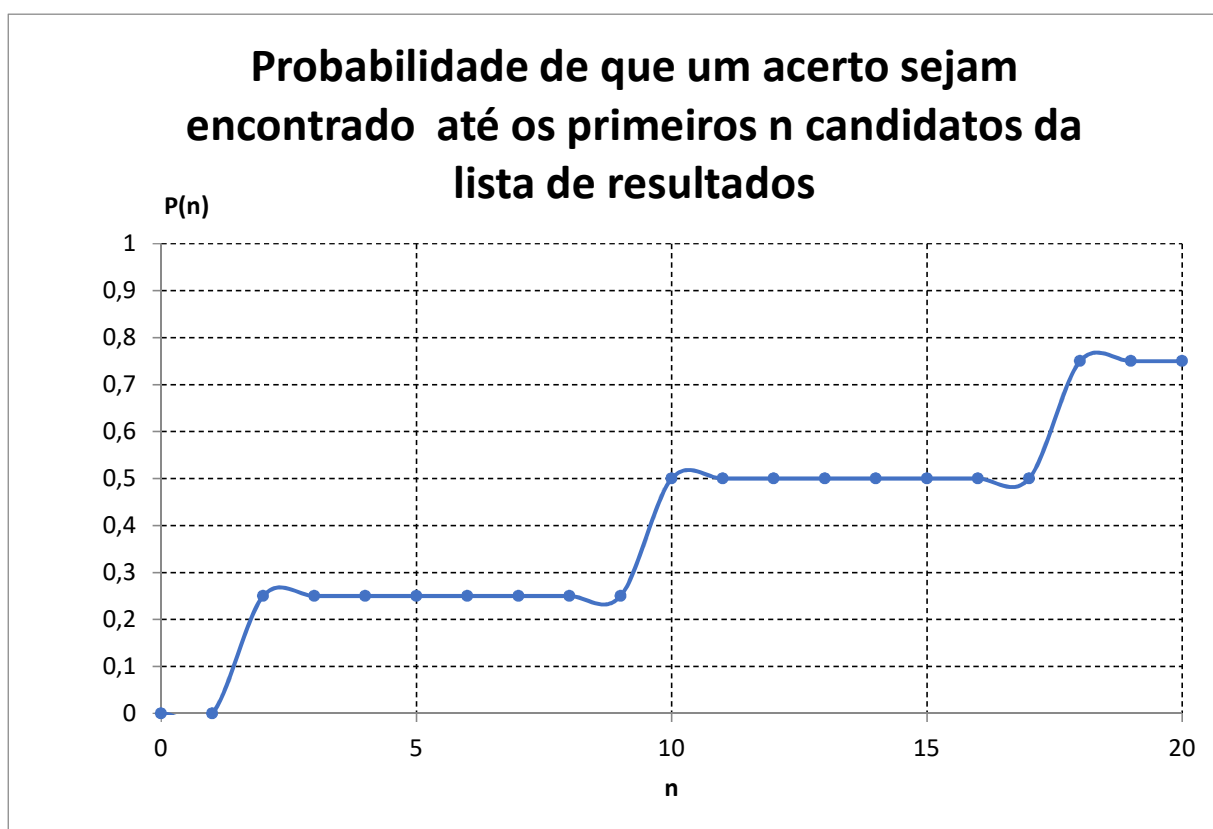
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	2	5	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	10	15	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	21	18	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

totais:	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0
Acumulado	0	0,0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8

Área	7,88	0	0,13	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,38	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,63	0,75	0,75
------	------	---	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------

Efetividade ( $\Gamma$ ) =	0,39
----------------------------	------



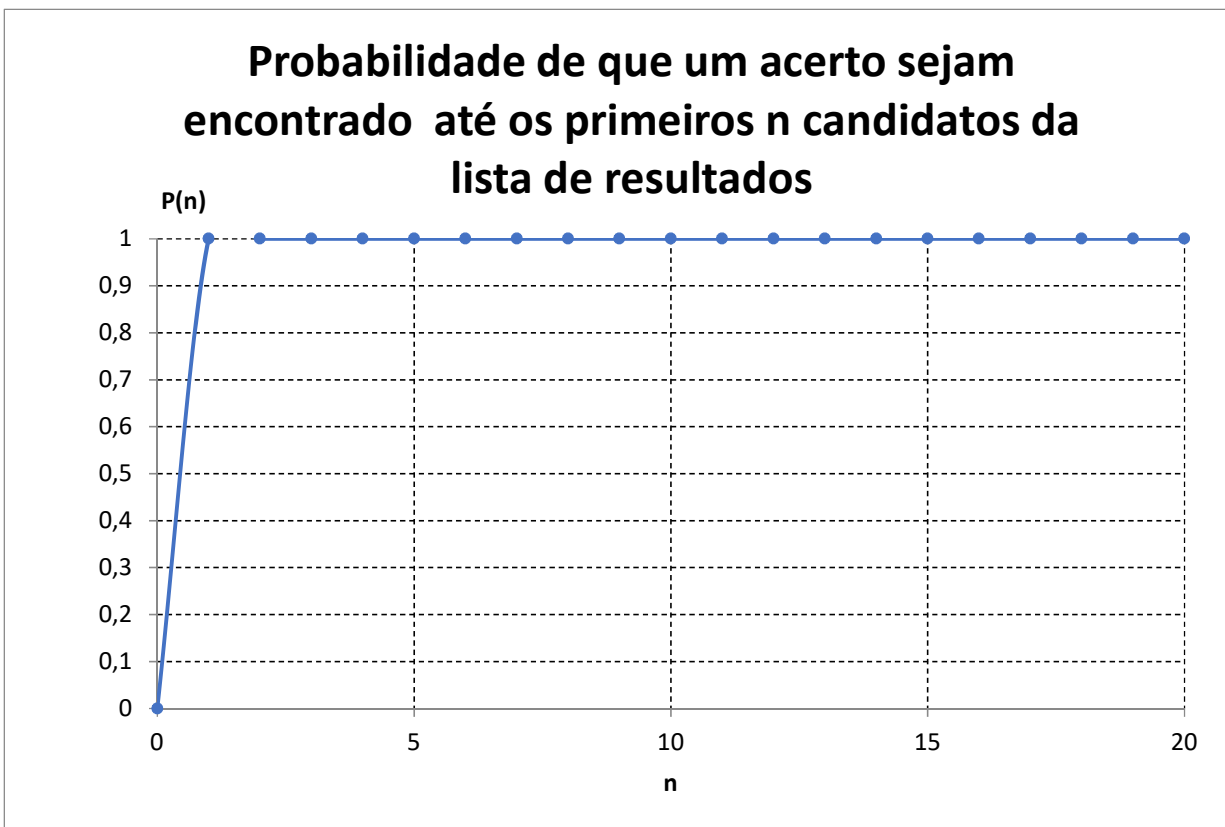
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
38	1	8	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	1	8	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Acumulado	0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Área	19,50	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
------	-------	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Efetividade ( $r$ ) =	0,98
-----------------------	------



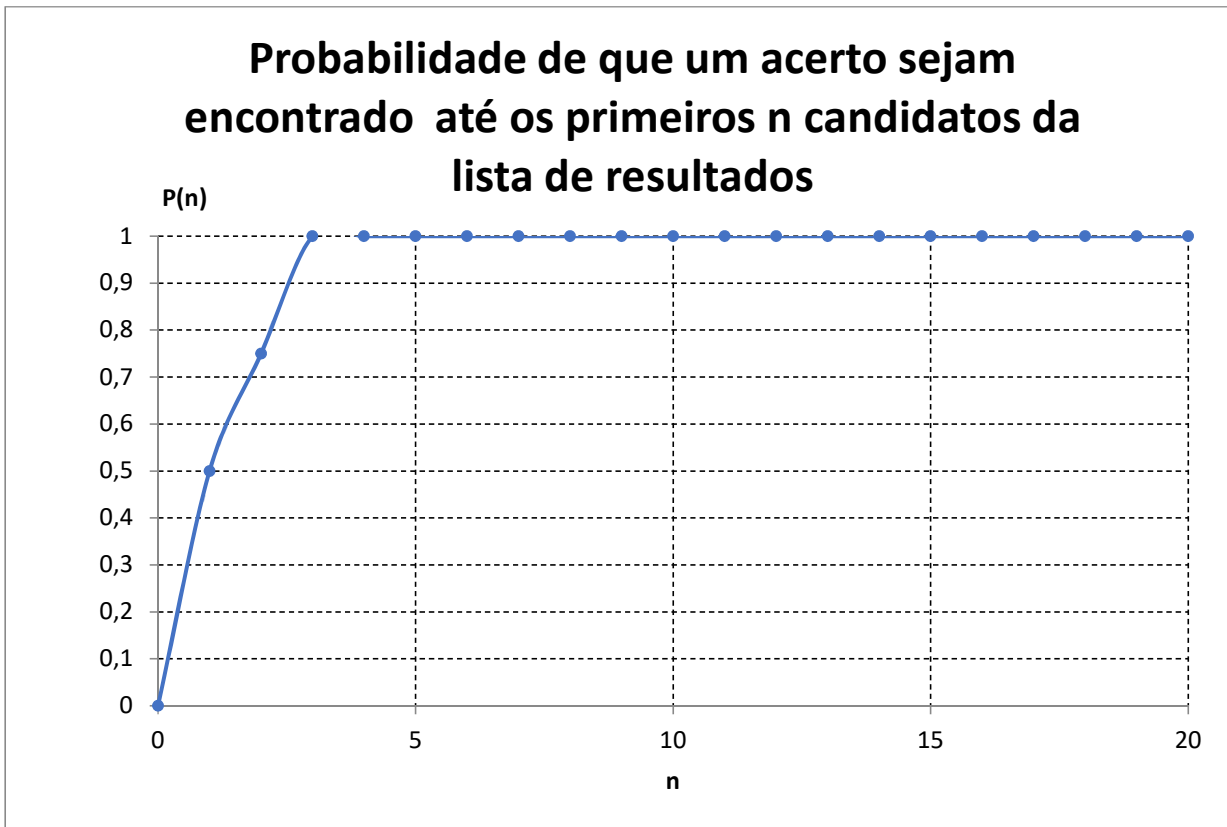
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
39	2	21	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	3	21	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	0,5	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Acumulado	0	0,5	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Área	18,75	0,25	0,63	0,88	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
------	-------	------	------	------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Efetividade ( $\Gamma$ ) =	0,94
----------------------------	------



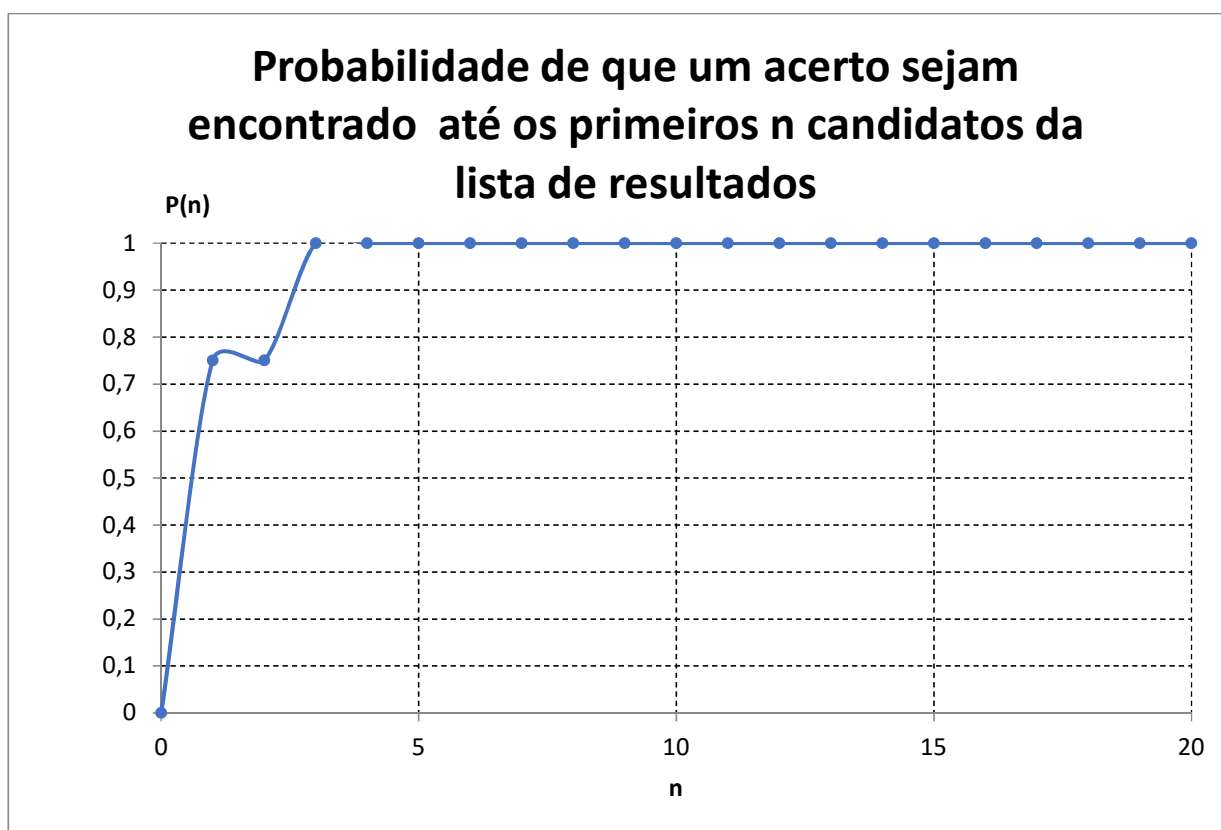
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
40	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	3	10	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	1	7	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	0,8	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Acumulado	0	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Área	19,00	0,38	0,75	0,88	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Efetividade ( $\Gamma$ ) =	0,95
----------------------------	------



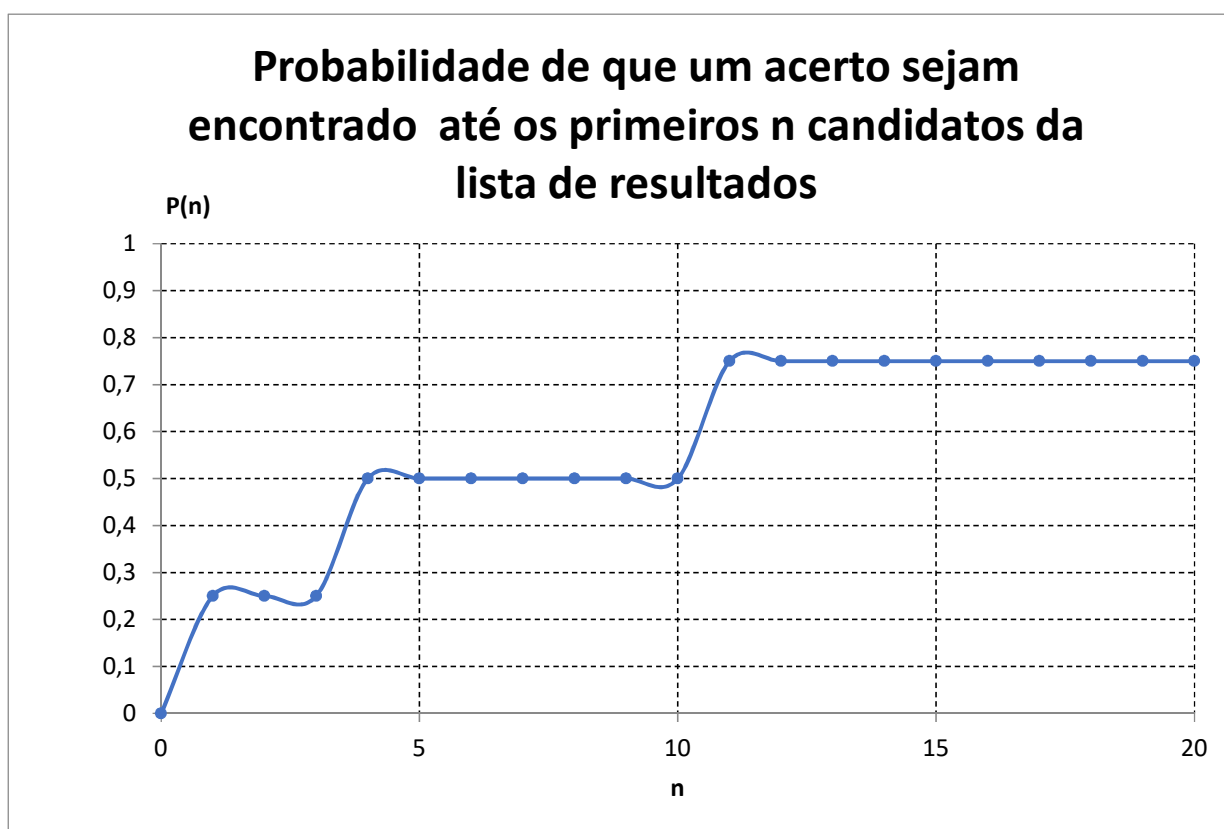
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
41	4	21	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	11	21	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	0,3	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Acumulado	0	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

Área	11,38	0,13	0,25	0,25	0,38	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,63	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
------	-------	------	------	------	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Efetividade ( $r$ ) =	0,57
-----------------------	------



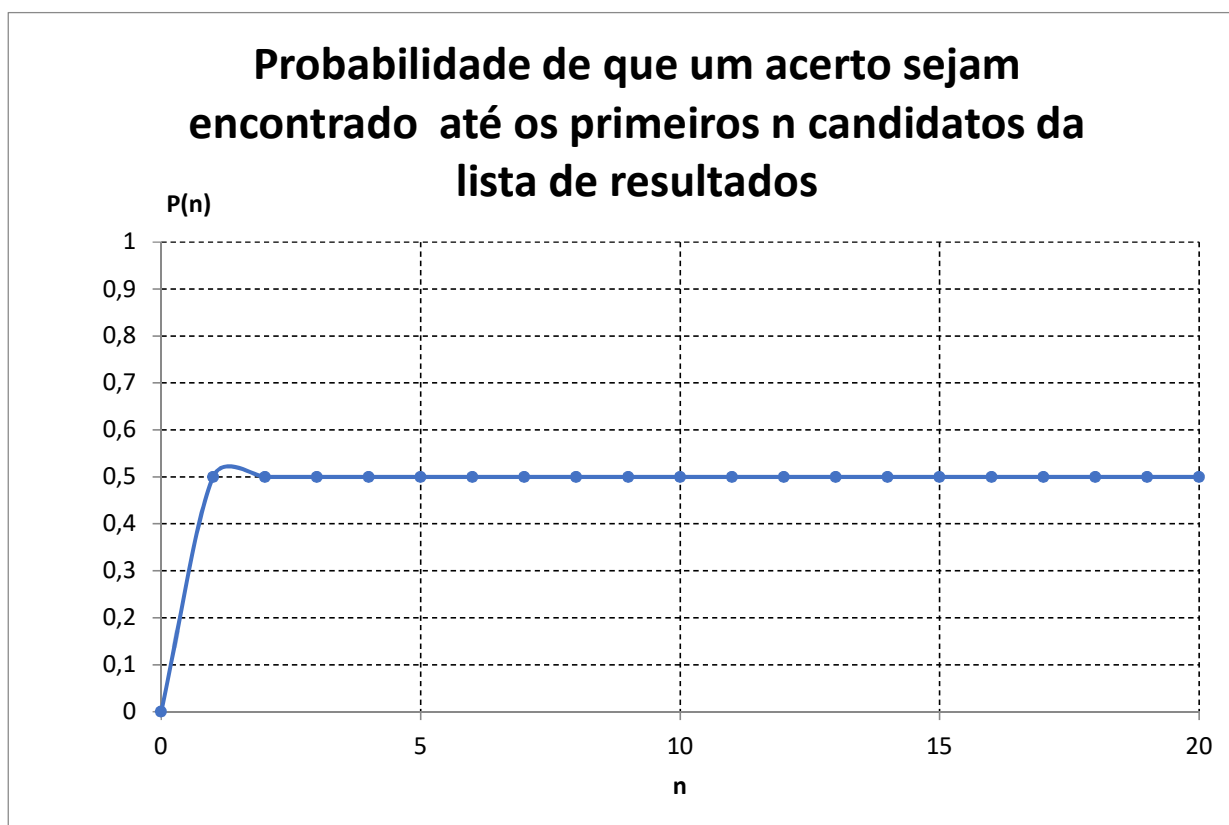
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
42	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Acumulado	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Área	9,75	0,25	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
------	------	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Efetividade ( $\Gamma$ ) =	0,49
----------------------------	------



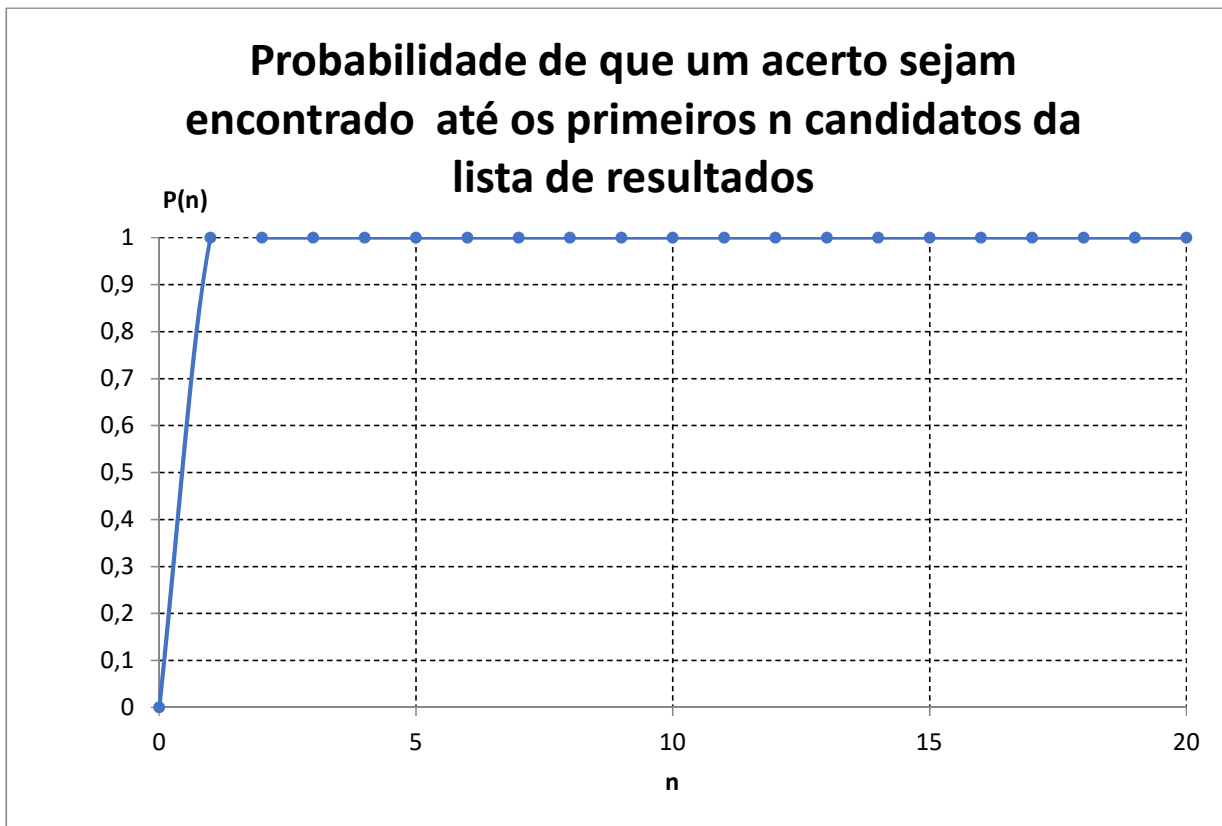
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
43	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Acumulado	0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Área	19,50	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
------	-------	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Efetividade ( $\Gamma$ ) =	0,98
----------------------------	------



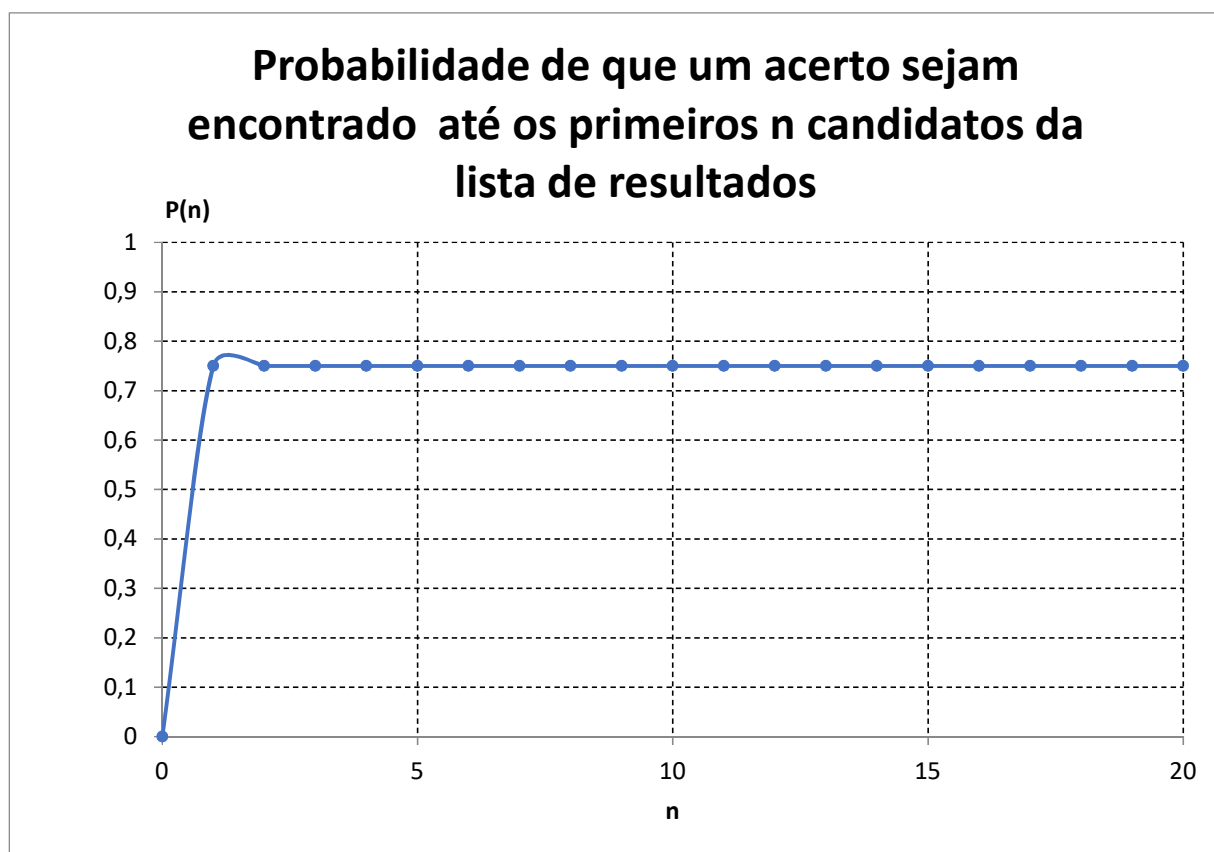
A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
44	21	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Acumulado	0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

Área	14,63	0,38	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
------	-------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Efetividade ( $\Gamma$ ) =	0,73
----------------------------	------





A	FP	BF	min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
45	1	7	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	1	7	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	1	21	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	1	12	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

totais:	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Posição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Probabilidade	0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Acumulado	0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Área	19,50	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
------	-------	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Efetividade ( $r$ ) =	0,98
-----------------------	------

