

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CURSO BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

SILIOMAR ANTONIO DE SOUZA SANTOS

DESIGN DA INTERFACE DE USUÁRIO PARA O SOFTWARE ANEMOCALC

Jataí
2022



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico/Tecnológico - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor:

Matrícula: 20151020260130

Título do Trabalho: Design da interface de usuário para o software Anemocalc

Autorização - Marque uma das opções

1. (x) Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. () Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. () Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- () O documento está sujeito a registro de patente.
() O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
() Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Jataí, 24/03/2022.
Local Data

Silvionor Antonio de Souza Santos

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

SILIOMAR ANTONIO DE SOUZA SANTOS

DESIGN DA INTERFACE DE USUÁRIO PARA O SOFTWARE ANEMOCALC

Trabalho apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Eulher Chaves Carvalho

Jataí
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)

Santos, Siliomar Antonio de Souza.

Design da interface de usuários para o software ANEMOCALC [manuscrito] / Siliomar Antonio de Souza Santos. -- Jataí: IFG, Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, 2022. 64f. ; il.

Orientador: Prof. Dr. Eulher Chaves Carvalho.
Bibliografias.

1. Anemograma. 2. Orientação da pista de pouso/decolagem. 3. Ferramenta computacional. 4. Lua. 5. Interface gráfica. I. Carvalho, Eulher Chaves. II. IFG, Câmpus Jataí. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Téc.: Aquisição e Tratamento da Informação.
Bibliotecária - Rosy Cristina O. Barbosa - CRB 1/2380 – C. Jataí. Cód. F022/2022-1.



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS JATAÍ

Folha de Aprovação

SILIOMAR ANTÔNIO DE SOUZA SANTOS

DESIGN DA INTERFACE DE USUÁRIO PARA O SOFTWARE ANEMOCALC

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado, em 03 de fevereiro de 2022, pela banca examinadora constituída pelos seguintes membros:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Eulher Chaves Carvalho
Presidente da banca / Orientador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof^ª. Dr^ª. Caroline Duarte Alves Gentil
Membro Interno
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Aladir Ferreira da Silva Júnior
Membro Externo
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Jataí – GO
2022

Documento assinado eletronicamente por:

- Siliomar Antonio de Souza Santos, SILIOMAR ANTONIO DE SOUZA SANTOS - ESTUDANTE - IFG - CÂMPUS JATAÍ (10870883000306), em 03/03/2022 16:57:47.
- Caroline Duarte Alves Gentil, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 03/03/2022 15:02:21.
- Aladir Ferreira da Silva Junior, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 05/02/2022 08:49:05.
- Eulher Chaves Carvalho, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 04/02/2022 18:39:01.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 31/01/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 241099

Código de Autenticação: 61f3a2cae6



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Rua Maria Vieira Cunha, nº 775, Residencial Flamboyant, JATAÍ / GO, CEP 75804-714
(64) 3605-0837 (ramal: 837)

SILIOMAR ANTONIO DE SOUZA SANTOS

DESIGN DA INTERFACE DE USUÁRIO PARA O SOFTWARE ANEMOCALC

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel e Engenharia Civil.

Monografia defendida e aprovada, em 03 de fevereiro de 2022, pela banca examinadora constituída pelos seguintes membros:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Eulher Chaves Carvalho
Presidente da banca/ Orientador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof^a. Dra. Caroline Duarte Alves Gentil
Membro Interno
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Aladir Ferreira da Silva Júnior
Membro Externo
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Jataí
2022

Para Isabela, o melhor apoio que eu poderia sonhar em ter. Muito obrigado pela sua ajuda, sua paciência e sua companhia em todos os momentos vividos juntos. Te amo.

O maior erro que você pode cometer é o de ficar o tempo todo com medo de cometer algum.

(Elbert Hubbard)

RESUMO

Busca-se, por meio deste trabalho, adaptar e aprimorar o *software* ANEMOCALC, em desenvolvimento no âmbito do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG), Câmpus Jataí. Este *software*, usando as diretrizes postas pelas organizações *Federal Aviation Administration* (FAA) e pela Organização da Aviação Civil Internacional (OACI), é capaz de, dado o regime de ventos de determinado sítio, devolver ao usuário o Fator de Utilização para diversas direções (0 a 360°) e aquela que é a ótima para a construção da pista de pouso/decolagem. Esta pesquisa, dentre as possibilidades de aprimoramento do código, foca em traduzir o código base para uma linguagem mais favorável à construção de uma interface gráfica de utilização, facilitando a usabilidade do programa e atribuindo ao mesmo uma aparência mais amigável, resultado este alcançado. Ao final do presente trabalho o *software* permanecerá gratuitamente disponível, sendo uma ferramenta acadêmica útil para a utilização nas instituições de ensino e mercado de trabalho.

Palavras-chave: Anemograma. Orientação da pista de pouso/decolagem. Ferramenta computacional. Lua. Interface gráfica.

ABSTRACT

This work aims to adapt and improve the ANEMOCALC software, under development within the scope of the Bachelor's Degree in Civil Engineering at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Goiás (IFG), Jataí Campus. This software, using the guidelines laid down by the Federal Aviation Administration (FAA) and the International Civil Aviation Organization (ICAO), is capable to, given the wind regime of a specific site, return the Utilization Factor to the user for a many directions and one that is great for building the runway. This research, among the possibilities for improving the code, focuses on translating the base code into a more favorable language for the construction of a graphical user interface, facilitating the program's usability and giving it a friendlier appearance. At the end of this work, the software will remain freely available, being a useful academic tool for use in Educational Institutions and in the labor market.

Keywords: Rose wind diagram. Orientation of landing and take-off runway. Computational tool. LUA. Graphic interface.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Esboços Leonardo D’Vinci.....	16
Figura 1.2 – 14-bis primeiro modelo.....	17
Figura 1.3 – 14-bis modelo aprimorado.....	17
Figura 2.1 - Primeira Sessão do Conselho Provisório.....	22
Figura 2.2 – Anemógrafo	24
Figura 2.3 – Anemograma.....	25
Figura 2.4 – Inserção de dados no ANEMOCALC.....	28
Figura 2.5 – Resultados do programa ANEMOCALC	29
Figura.3.1 – Painéis de entrada e saída de dados no ANEMOCALC, versão gráfica.....	31
Figura 3.2 – Painel de entrada de dados.....	32
Figura 3.3 – Análise computacional do anemograma.	34
Figura 3.4 – Diferentes retas sobre o anemograma.	35
Figura 3.5 – Triângulo retângulo em verde traçado sobre anemograma.	36
Figura 3.6 – Distância de x em relação ao ponto central da imagem.	37
Figura 3.7 - Distância de x em relação a origem.....	38
Figura 3.8 – reta ortogonal a reta inicial.	39
Figura 3.9 - Distância do centro do anemograma até o primeiro círculo.	40
Figura 3.10 - Posição a ser obtida no triângulo.....	41
Figura 3.11 - Posicionamento da linha auxiliar baseado no triângulo obtido.	43
Figura 3.12 - Linhas auxiliares corretamente posicionadas.	44
Figura 3.13 - Painel de saída de dados.	45
Figura 4.1 - Ícone do programa ANEMOCALC.....	46
Figura 4.2 - Entrada do valor de vento limite.....	47
Figura 4.3 - Entrada do valor quantidade de grupos.	47
Figura 4.4 - Entrada do valor direção específica.....	48
Figura 4.5 - Entrada dos valores para cada direção pertencente ao primeiro grupo de intensidade de ventos.	49
Figura 4.6 - Entrada dos valores para cada direção pertencente ao segundo grupo de intensidade de ventos.	49
Figura 4.7 - Valores de vento a serem inseridos no programa ANEMOCALC.....	50
Figura 4.8 - Solicitação de análise dos dados inseridos.	51
Figura 4.9 - Resposta do programa ANEMOCALC ao ser confirmado a entrada de dados incorretos.....	51
Figura 4.10 - Retorno final do programa ANEMOCALC.	52
Figura 4.11 - Ícone da nova versão do programa ANEMOCALC.....	52
Figura 4.12 – Novo modo de entrada do valor de vento limite.....	53
Figura 4.13 – Novo modo de entrada dos valores para cada direção e cada intensidade de vento.	54
Figura 4.14 – Resposta da nova versão do programa ANEMOCALC a dados numericamente incorretos com valores insuficientes.	54
Figura 4.15– Resposta da nova versão do programa ANEMOCALC a dados numericamente incorretos com valores excedentes.....	55
Figura 4.16– Resposta da nova versão do programa ANEMOCALC a dados numericamente corretos.....	55
Figura 4.17 - Exemplo de arquivo corretamente formatado para ser lido pela nova versão do ANEMOCALC.	56
Figura 4.18- Retorno final da nova versão do programa ANEMOCALC.	57
Figura 4.19 - Anemograma dinâmico gerado pela nova versão do programa ANEMOCALC.	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IFG	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>
OACI	Organização da Aviação Civil Internacional
MINFRA	Ministério da Infraestrutura
SARP	<i>Standards and Recommended Practices</i>
PUC	Pontifícia Universidade Católica

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO	16
1.1 JUSTIFICATIVA	18
1.2 OBJETIVOS	20
1.2.1 Objetivo Geral	20
1.2.2 Objetivos Específicos	20
1.3 ESCOPO	20
CAPÍTULO 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
2.1 REGULAÇÕES	22
2.1.1 Surgimento das regulações	22
2.1.2 A situação atual	23
2.2 CONCEITOS NECESSÁRIOS	24
2.2.1 O anemógrafo	24
2.2.2 O Anemograma	24
2.2.3 Fator de utilização	25
2.2.4 Linguagem de programação Lua	25
2.3 O METODO ANEMOGRAMA	26
2.3.1 A relevância do vento	26
2.3.2 Levantamento de dados	26
2.3.3 A execução do método anemograma	27
2.3.4 O programa ANEMOCALC	27
CAPÍTULO 3 METODOLOGIA E INTERFACE	30
3.1 METODOLOGIA UTILIZADA	30
3.2 INTERFACE GRÁFICA	30
3.2.1 Entrada de dados	31
3.2.2 Processamento de dados	32
3.2.2.1 A inicialização do anemograma	32
3.2.2.2 O cálculo do Fator de Utilização	33
3.2.2.3 Cálculos adicionais	33
3.2.2.4 A lógica computacional do anemograma	33
3.2.3 Saída de dados	42
CAPÍTULO 4 RESULTADOS	46
4.1 O ANEMOCALC EM SUA VERSÃO ORIGINAL	46

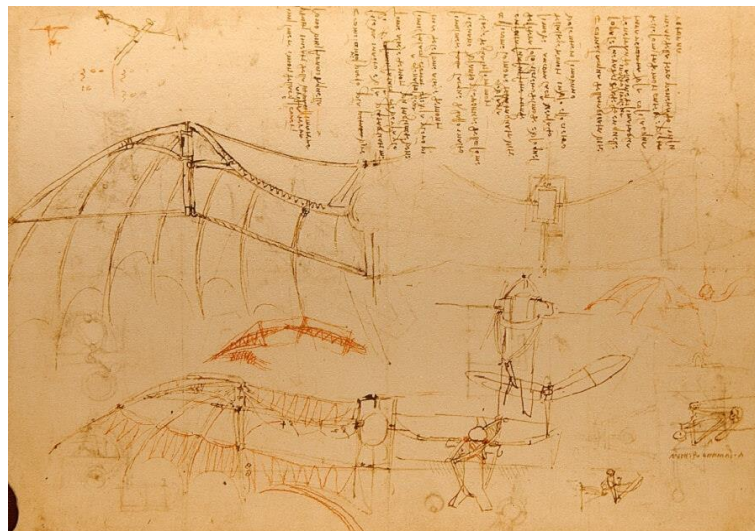
4.2 O ANEMOCALC EM SUA VERSÃO ATUALIZADA	52
CAPÍTULO 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
CAPÍTULO 6 REFERÊNCIAS	61
CAPÍTULO 7 APÊNDICE – Exemplo de arquivo de texto a ser importado no ANEMOCALC	64

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

Dentre todas as criações e invenções humanas, a criação do avião é considerada uma das maiores. O puro conceito de se desprender do chão e alcançar os céus já fazia com que Leonardo da Vinci, depois de anos de estudo, desenvolvesse em 1485 um de seus mais famosos e visionários projetos: o aeroplano de Leonardo D’Vinci (GIUCCI, 2007).

Conceitualmente, o aeroplano de Leonardo D’Vinci, Figura 1.1, consiste em um esqueleto leve, parcialmente revestido de uma membrana resistente, design inspirado em aves e morcegos, mas com um pequeno espaço para o piloto, um projeto muito semelhante ao da asa delta que temos nos dias atuais. Um ponto interessante é que, embora D’Vinci nunca tenha tido a oportunidade de ver suas máquinas alçarem voo, seus projetos realistas e estudos concretos já levam em conta fatores essenciais e problemas determinantes para a aviação atual, como o peso da estrutura, a autonomia, e principalmente, o vento (SILVA e SANTOS, 2009).

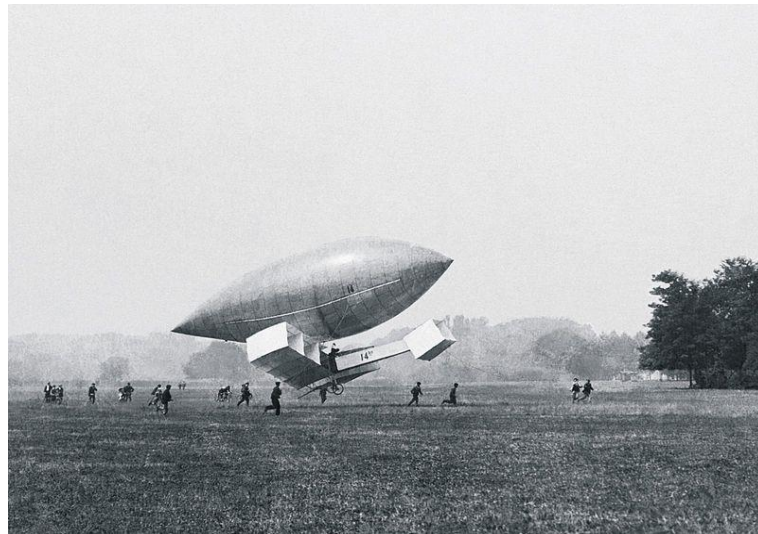
Figura 1.1 – Esboços Leonardo D’Vinci



Fonte: LEONARDO DA VINCI (2021)

Com o passar dos séculos, o conceito de aeronave evoluía e se refinava. Inicialmente, a humanidade tentou contornar os problemas elencados por D’Vinci lançando mão de dispositivos externos arremessadores ou balões de ar quente acoplados a aeronaves, porém, havia a constante busca por um modelo independente e estável, que fizesse jus ao conceito proposto por ele. E, de tentativa em tentativa, o brasileiro Alberto Santos Dumont desenvolveu, em julho de 1906, o protótipo do que viria a ser seu primeiro avião, o 14-bis (Figura 1.2).

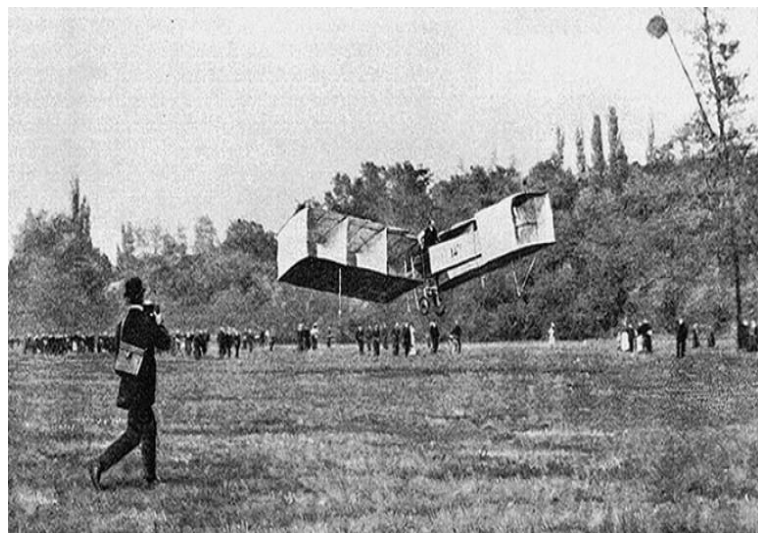
Figura 1.2 – 14-bis primeiro modelo



Fonte: PORTAL DO AVIADOR (2021)

Dumont seguiu combatendo um problema de cada vez, hora procurando materiais mais leves para diminuir o peso, hora buscando motores mais potentes para aumentar a autonomia, hora alterando a inclinação das fibras da fuselagem para melhor condução do vento. Dumont e seus aeroplanos seguiram, cada vez mais altos, até que em outubro de 1906, o 14-bis melhorado do brasileiro voou por 60 metros, a 3 metros de altura, garantindo prêmios e se consolidando como o primeiro avião funcional da humanidade (Figura 1.3).

Figura 1.3 – 14-bis modelo aprimorado



Fonte: PORTAL DO AVIADOR (2021)

Desde então, a aviação como conceito foi rapidamente evoluindo, indo de algo experimental e perigoso para algo restrito e militar, até finalmente chegar no conceito atual de transporte em larga escala de passageiros e cargas que temos hoje, fazendo com que a aviação se torne uma

modalidade de comércio, com competitividade de preços e franca expansão do número de concorrentes (OLIVEIRA e ZIMMERMANN, 2012). Contudo, não se pode considerar definida a história da aviação.

O conceito de aviação e seus desafios evoluem periodicamente, exatamente como foi no passado. Cabe também aos engenheiros de hoje, procurar ideias que resolvam, ainda que um problema de cada vez, soluções e aprimoramentos para os desafios atuais, levando assim tanto o conceito de aviação, como a sociedade em si, cada vez mais alto.

1.1 JUSTIFICATIVA

Para que o conceito de aviação continue a evoluir, é necessário que sua infraestrutura acompanhe a evolução. Esta evolução desperta cada vez mais o interesse brasileiro na aviação como meio de transporte, entretanto, aeroportos brasileiros, assim como aeroportos de todo o mundo, sofrem com a alta e crescente demanda. Em 2019 cerca de 119,4 milhões de pessoas foram transportadas no mercado aéreo brasileiro, registrando o maior volume de passageiros na série histórica, 1,4% maior que 2018. Este valor trata-se da terceira alta consecutiva (ANAC, 2020), indicando um aumento constante na demanda. Somando a estes dados, o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) prevê um crescimento constante da demanda por voos, e consequentemente, da frota aérea nacional (BIELSCHOWSKY e CUSTÓDIO, 2018)

Frente a esta situação, o governo, por meio do Ministério da Infraestrutura, já iniciou uma série de investimentos e projetos, buscando tanto a renovação quanto a expansão do transporte aéreo nacional. Aeroportos já construídos estão sendo concedidos para a iniciativa privada, desonerando o governo da responsabilidade de gerenciar aeroportos funcionais e permitindo que investimentos sejam direcionados para a reforma e criação de novos aeroportos, dando novo fôlego a aviação nacional (MINFRA, 2012).

Entretanto, a construção de um novo aeroporto é um processo complexo, que não pode ser acelerado apenas ampliando os recursos. Cada aspecto de sua execução precisa ser pensado em função da expansão populacional e territorial das áreas urbanas. O crescimento constante da frota aérea é proporcional ao da população, e exige pousos e decolagens eficientes e rápidas, enquanto a dificuldade em obter espaço físico para a construção de um aeroporto em grandes cidades exige aeroportos menores e otimizados, tornando necessário projetos ainda mais inteligentes, levando em conta cada vez mais variáveis para reduzir o comprimento da pista, e

aumentar sua agilidade. Dentre essas variáveis, uma das mais importantes, porém historicamente muito negligenciada, é o vento (SOUZA, 2018).

Protagonista de diversos acidentes de decolagem, atrasos de voos e até mesmo interdição temporária de um aeroporto inteiro, o vento é fator primordial para inúmeras características das pistas (SOUZA, 2018). Uma pista corretamente orientada em relação ao fluxo local do vento possui maior segurança para a aeronave, estabilidade para o funcionamento do aeroporto e eficiência para a malha aérea em geral (ALVES, 2018).

No cenário da renovação e aprimoramento da infraestrutura aérea, já é possível observar o surgimento de trabalhos acadêmicos nesta direção. Estes trabalhos são em sua maioria, guias, modelos bases, banco de dados, ou *scripts* para serem executados em programas já construídos. Destes, são exemplos: um modelo conceitual para um sistema de apoio a decisões táticas no controle de tráfego produzido na logica *Soft Systems Methodology* (ADVINCULA, s.d.), um manual de cálculo da resistência de pavimentos aeroportuários por meio do programa COMFAA (ANAC, 2020), um banco de dados para condições de aderência em pavimentos aeroportuários (GONÇALVES, 2021), um código para estimar o nível de ruído a ser produzido por uma aeronave, a ser executado no programa MATHLAB (MURARO, 2009), ou mesmo o programa ANEMOCALC, programa capaz de realizar o cálculo da correta orientação de pistas de pouso e decolagem, levando em consideração o fator vento, seguindo critérios propostos pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e órgãos semelhantes (SOUZA, 2018 e SILVA, s.d.).

O programa ANEMOCALC, desenvolvido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG), Câmpus Jataí, devido à complexidade de seus cálculos, de seu código e do curto período de pesquisa e produção, possuem oportunidades para muitas melhorias. Embora funcional, o ANEMOCALC não possui uma interface gráfica própria, podendo gerar insegurança no usuário quanto à própria capacidade de utilizar o programa e, portanto, no resultado final fornecido.

Com base nisso, justificando a necessidade do presente trabalho, propõe-se aqui desenvolver uma interface ergonômica, com foco na usabilidade do programa, para o *software* ANEMOCALC. Com a interface pronta, espera-se um *software* final mais apresentável e completo, com utilização ainda mais interessante à comunidade acadêmica e até mesmo

profissional, visto que ao final da pesquisa, o *software* poderá ser patenteado e disponibilizado de forma gratuita.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Como objetivo geral, propõe-se buscar desenvolver uma interface intuitiva e funcional para o *software* ANEMOCALC.

1.2.2 Objetivos Específicos

Mais especificamente, busca-se:

- Traduzir e adaptar o programa ANEMOCALC para a linguagem de programação Lua;
- Adaptar e aprimorar o código traduzido do programa, para facilitar a posterior adição de funções;
- Confeccionar uma interface gráfica, possibilitando ao usuário uma utilização mais limpa e clara de seus recursos e funções.

1.3 ESCOPO

Neste Capítulo 1, apresentou-se uma breve introdução sobre a história da aviação e de seus respectivos desafios. Da mesma forma, apresentou-se um breve panorama do cenário da aviação brasileira. Deste preâmbulo, buscou-se enfatizar a justificativa deste trabalho, dando ênfase para os seus objetivos.

Em seguida, no Capítulo 2, apresenta-se a revisão bibliográfica, iniciando com uma curta apresentação do surgimento e da situação atual das regulações. Logo após, conceitos, instrumentos e etapas necessárias para a compreensão do método anemograma, assim como do programa ANEMOCALC, são apresentados. Apresenta-se, por fim, uma breve explicação do método anemograma, desde a coleta dos dados necessários até a lógica da programação do programa ANEMOCALC.

No Capítulo 3, apresenta-se a metodologia utilizada na adaptação do código, quais itens foram adaptados, assim como a rotina de execução da tela gráfica e a lógica computacional responsável por pontos chaves do programa.

No Capítulo 4, apresenta-se a versão inicial do ANEMOCALC, assim como de sua execução, sua coleta de dados e de sua exibição de dados de saída. Então, apresenta-se como as mesmas características foram implementadas nesta nova versão do ANEMOCALC.

No Capítulo 5 enfatiza-se os resultados alcançados com o desenvolvimento deste trabalho e pontua-se sugestões para a sua continuação.

Por fim, no capítulo 6 encontram-se as referências bibliográficas.

Em culminação encontra-se um apêndice contendo um exemplo de conjunto de dados a ser lido pelo programa.

CAPÍTULO 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo contextualiza-se e define-se conceitos e métodos relevantes para a compreensão do trabalho, o qual encontra-se dividido em quatro seções, a saber: regulações, dados atuais, conceitos necessários e o método Anemograma.

2.1 REGULAÇÕES

Por se tratar de um *software* que oferece elementos determinantes para a escolha de fatores que afetam diretamente a aviação nacional, este trabalho busca pautar-se nas leis e normas nacionais e internacionais que regulam a aviação, sempre com prioridade para as regulamentações locais, por serem mais fiéis ao contexto da aviação nacional.

2.1.1 Surgimento das regulações

Após o termino da segunda guerra mundial, o mundo viu, como em tantas outras oportunidades, uma tecnologia outrora militar ascender ao uso cotidiano da população civil: o transporte aéreo. Porém, à época era de preocupação geral a falta de normas e regras para balizar esse meio revolucionário e “perigoso”. Neste contexto, em 7 de dezembro de 1944 nasceu a Organização da Aviação Civil Internacional (OACI), Figura 2.1.

Figura 2.1 - Primeira Sessão do Conselho Provisório



Fonte: SITE ICAO UNITING AVIATION (2021)

Com um conselho formado por 36 países-membros eleitos trienalmente, a OACI é responsável pela elaboração das SARP, termo inglês para padrões e práticas recomendadas. Essas SARP

indicam ao mundo todo como os conceitos operacionais e técnicos na aviação civil devem ser tratados (COSTA, 2016).

2.1.2 A situação atual

Nos dias atuais temos três principais organizações a serem consideradas: a Organização da Aviação Civil Internacional (OACI), que por ser pioneira cria os parâmetros e normas internacionais, a Agência Nacional da Aviação Civil (ANAC), que adapta e contextualiza as normas internacionais para o cenário brasileiro, e a *Federal Aviation Administration* (FAA), que elaborou os estudos e as normas para a construção de aeródromos (COSTA, 2016).

2.2 DADOS ATUAIS

Nesta seção apresentam-se informações sobre o cenário da aviação brasileira no período anterior a pandemia, sobre o impacto que a mesma teve na aviação brasileira, e expectativas de melhoria.

2.2.1 Um breve resumo

A aviação brasileira seguia numa crescente histórica. Em 2017, foram transportadas 426,2 mil toneladas apenas em transporte aéreo nacional. Em 2018, esse valor cresceu 10,5%, chegando a 470,9 mil toneladas movimentadas, e as tendências indicavam que o padrão continuaria a ser seguido nos próximos anos (PRESTEX, 2021).

Entretanto, a pandemia fez com que os indicadores do transporte aéreo mostrassem um recuo considerável. Em 2020, o Brasil registrou 52 milhões de passageiros domésticos e internacionais em aeroportos brasileiros, valor bem inferior aos 119,3 milhões registrados em 2019, recuando o cenário aéreo brasileiro em 17 anos, com seus 49 milhões de pessoas transportadas em 2005 (ANAC, 2021).

Entretanto, companhias aéreas se mostram otimistas com previsões para 2022. A Associação Brasileira das Empresas Aéreas acredita que as empresas poderão voltar ao nível pré-pandemia nos primeiros 3 meses de 2022, expectativa que é sustentada pelas três principais empresas de aviação brasileira (CNN BRASIL, 2022).

A empresa Gol espera atingir os níveis anteriores a pandemia até julho de 2022. A empresa Latam afirma uma retomada de 95% da capacidade doméstica de voos em relação a dezembro

de 2019. A empresa Azul afirma já ter alcançados os patamares pré-pandêmicos em relação ao número de voos, quantidade de assentos ofertados e cidades servidas (CNN BRASIL, 2022)

2.3 CONCEITOS NECESSÁRIOS

Nesta seção apresentam-se algumas ferramentas necessárias para a execução do método anemograma, utilizado pelo programa ANEMOCALC, assim como uma breve contextualização da linguagem de programação utilizada neste trabalho para adaptar o programa.

2.3.1 O anemógrafo

Também conhecido como anemômetro, trata-se de um pequeno dispositivo dotado de uma hélice horizontal em sua parte superior. Este dispositivo é instalado no topo de uma haste a 6 metros de altura e é capaz de coletar a intensidade e direção dos ventos que passam por sua hélice (Figura 2.2).

Figura 2.2 – Anemógrafo



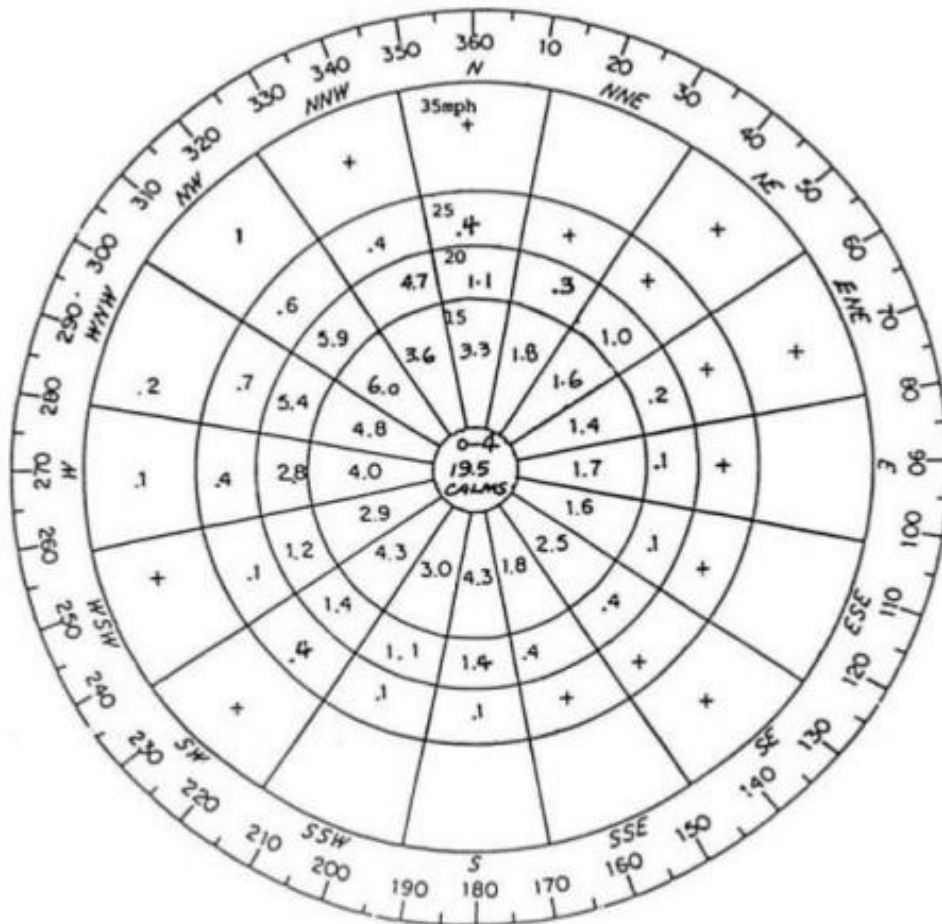
Fonte: UFPEL et al., (2021)

2.3.2 O Anemograma

Também conhecido como anemodiagrama, é um diagrama circular que busca representar a direção e a intensidade dos ventos que atuam sobre uma determinada região. Semelhante a uma rosa dos ventos, o anemograma possui em sua extremidade indicações dos pontos cardeais,

colaterais e subcolaterais para que seja indicada a direção dos ventos. Mas, diferentemente da rosa dos ventos, o anemograma possui em seu interior espaços para que sejam escritas as intensidades dos ventos (Figura 2.3).

Figura 2.3 – Anemograma



Fonte: GOLDNER et al. (2021)

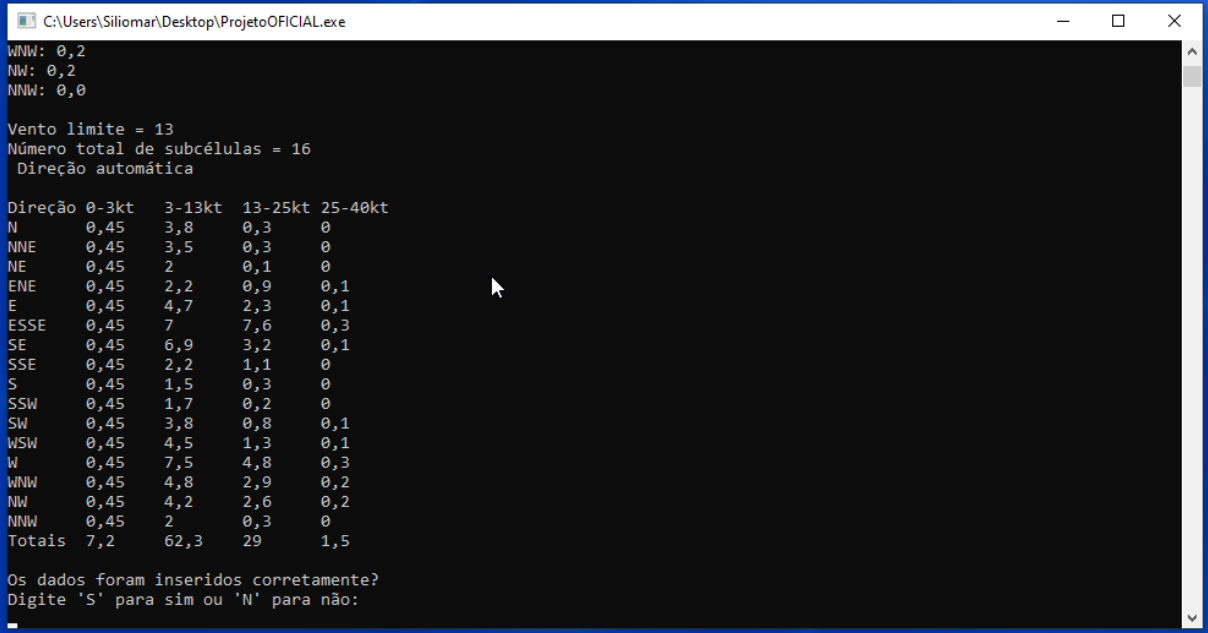
2.3.3 Fator de utilização

Fator de utilização é o termo utilizado para referenciar a porcentagem do tempo em que uma pista de pouso e decolagem não estará temporariamente interditada devido ao valor do vento cruzado (de través) (ANAC, 2018).

2.3.4 Linguagem de programação Lua

Embora seja uma definição comum, a linguagem de programação é muito mais do que apenas o “idioma” falado pelo programa. A linguagem de programação define como o programa pensa,

Figura 4.8 - Solicitação de análise dos dados inseridos.



```

C:\Users\Siliomar\Desktop\ProjetoOFICIAL.exe
WNW: 0,2
NW: 0,2
NNW: 0,0

Vento limite = 13
Número total de subcélulas = 16
Direção automática

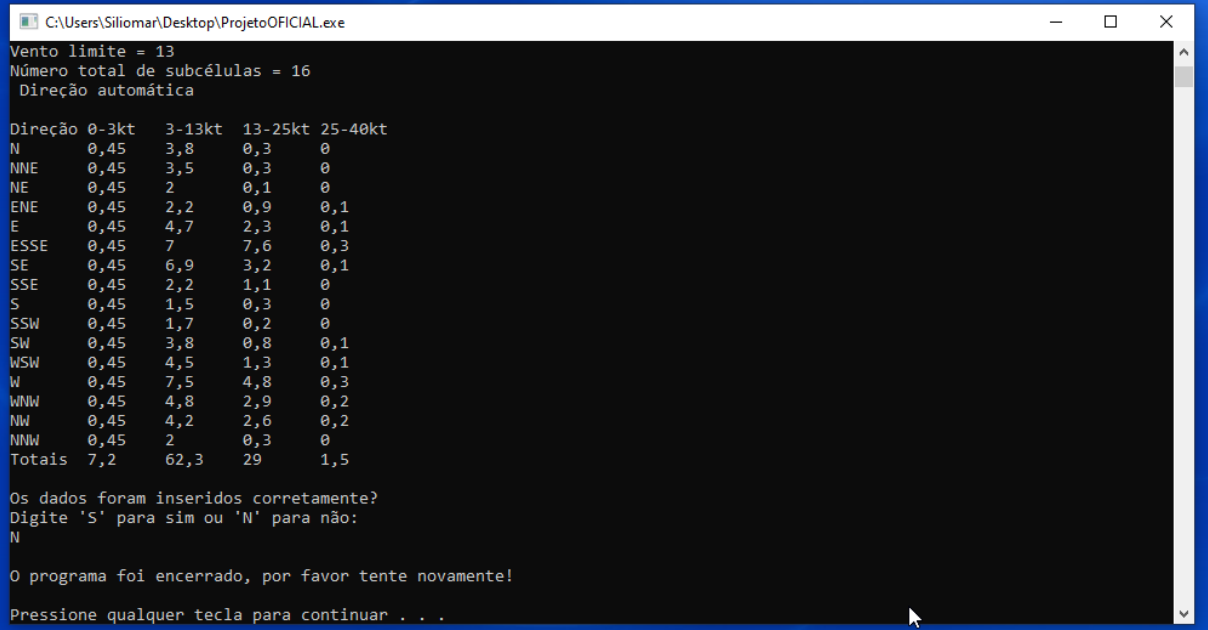
Direção 0-3kt  3-13kt  13-25kt  25-40kt
N      0,45    3,8     0,3     0
NNE    0,45    3,5     0,3     0
NE      0,45    2       0,1     0
ENE     0,45    2,2     0,9     0,1
E       0,45    4,7     2,3     0,1
ESSE    0,45    7       7,6     0,3
SE       0,45    6,9     3,2     0,1
SSE     0,45    2,2     1,1     0
S        0,45    1,5     0,3     0
SSW     0,45    1,7     0,2     0
SW       0,45    3,8     0,8     0,1
WSW     0,45    4,5     1,3     0,1
W        0,45    7,5     4,8     0,3
WNW     0,45    4,8     2,9     0,2
NW       0,45    4,2     2,6     0,2
NNW     0,45    2       0,3     0
Totais  7,2     62,3    29      1,5

Os dados foram inseridos corretamente?
Digite 'S' para sim ou 'N' para não:

```

Fonte: ACERVO DO AUTOR

Figura 4.9 - Resposta do programa ANEMOCALC ao ser confirmado a entrada de dados incorretos.



```

C:\Users\Siliomar\Desktop\ProjetoOFICIAL.exe
Vento limite = 13
Número total de subcélulas = 16
Direção automática

Direção 0-3kt  3-13kt  13-25kt  25-40kt
N      0,45    3,8     0,3     0
NNE    0,45    3,5     0,3     0
NE      0,45    2       0,1     0
ENE     0,45    2,2     0,9     0,1
E       0,45    4,7     2,3     0,1
ESSE    0,45    7       7,6     0,3
SE       0,45    6,9     3,2     0,1
SSE     0,45    2,2     1,1     0
S        0,45    1,5     0,3     0
SSW     0,45    1,7     0,2     0
SW       0,45    3,8     0,8     0,1
WSW     0,45    4,5     1,3     0,1
W        0,45    7,5     4,8     0,3
WNW     0,45    4,8     2,9     0,2
NW       0,45    4,2     2,6     0,2
NNW     0,45    2       0,3     0
Totais  7,2     62,3    29      1,5

Os dados foram inseridos corretamente?
Digite 'S' para sim ou 'N' para não:
N

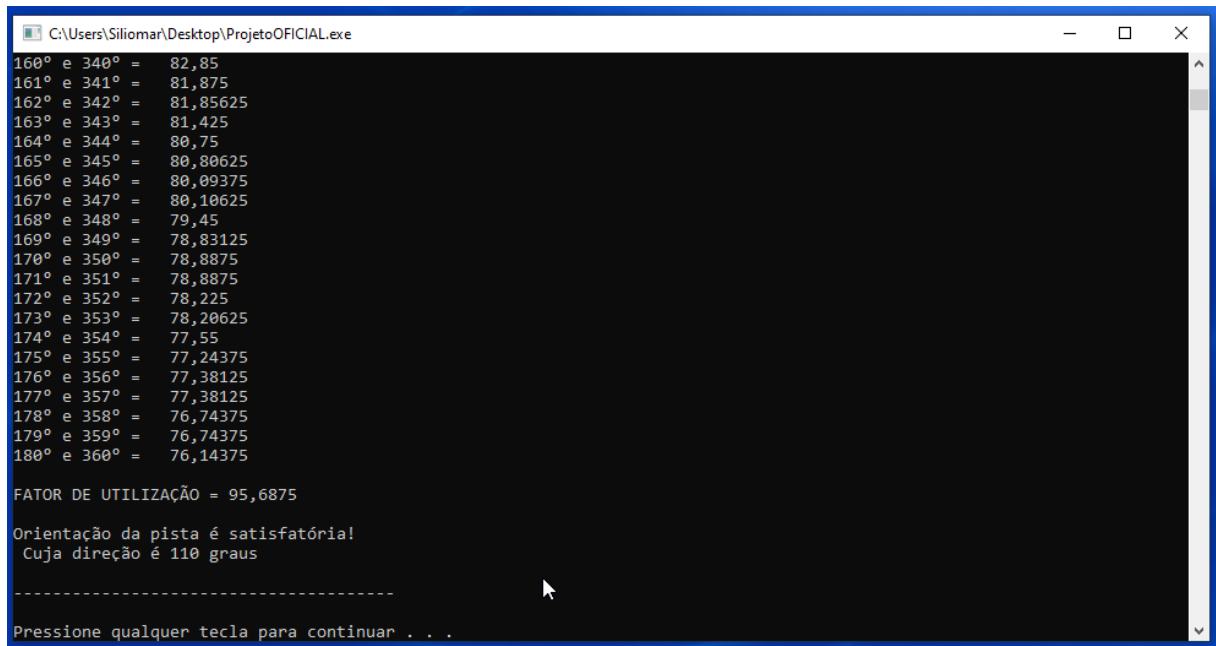
O programa foi encerrado, por favor tente novamente!
Pressione qualquer tecla para continuar . . .

```

Fonte: ACERVO DO AUTOR

Desta forma, uma vez finalizada a inserção de dados, e informando ao programa que os mesmos foram inseridos corretamente, o programa realiza os cálculos do Fator de Utilização para todos os ângulos, exibindo na tela todos os valores encontrados, repetindo o ângulo ótimo (direção ótima) e seu correspondente Fator de Utilização, encerrando o programa (Figura 4.10)

Figura 4.10 - Retorno final do programa ANEMOCALC.

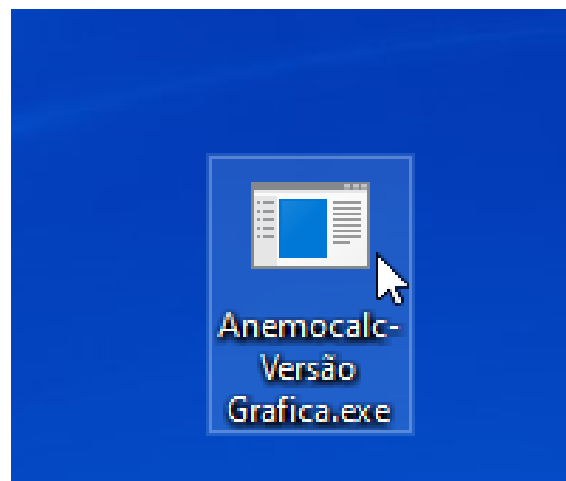


Fonte: ACERVO DO AUTOR

4.2 O ANEMOCALC EM SUA VERSÃO ATUALIZADA

Possuindo também um arquivo executável próprio, a tela gráfica do ANEMOCALC é iniciada ao executar-se o Anemocalc-Versão Grafica.exe (Figura 4.11).

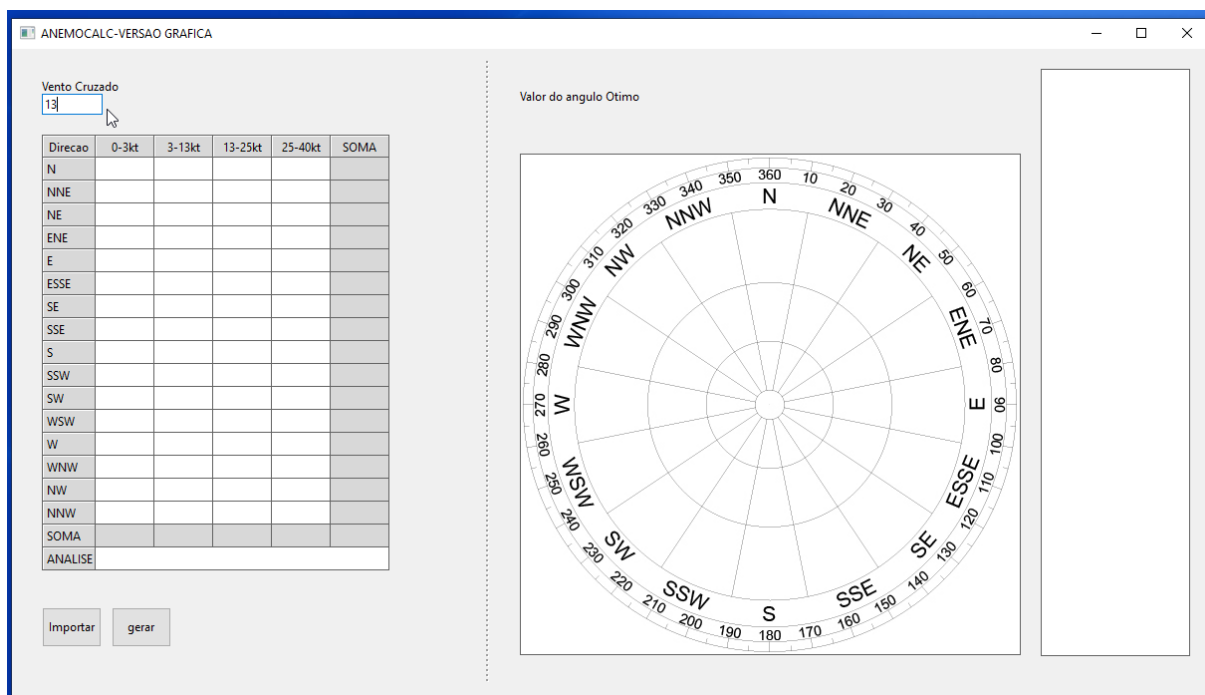
Figura 4.11 - Ícone da nova versão do programa ANEMOCALC.



Fonte: ACERVO DO AUTOR

Uma vez executado, o programa inteiro é aberto na tela. Como o mesmo possui tela única, o usuário possui, desde a primeira execução, uma noção exata dos valores necessários para a utilização do programa. Iniciando a inserção de dados, o usuário deve inserir um valor para o vento cruzado. Para esta execução, informa-se o valor de 13 nós (Figura 4.12).

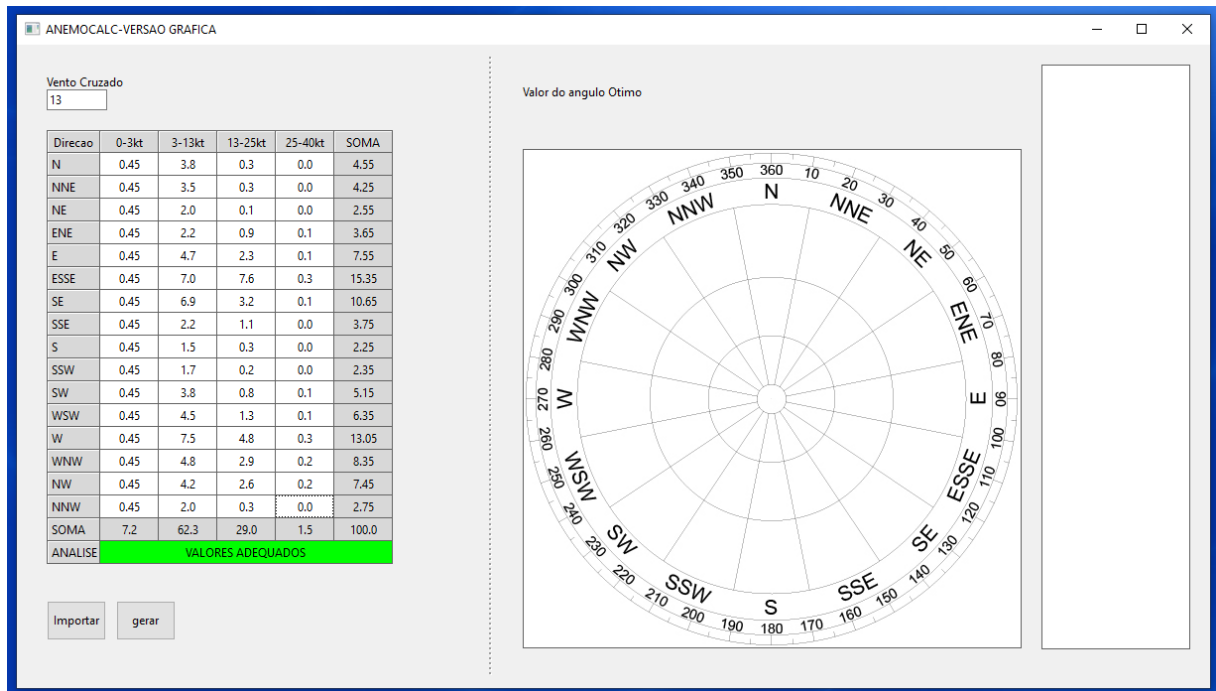
Figura 4.12 – Novo modo de entrada do valor de vento limite.



Fonte: ACERVO DO AUTOR

Em seguida, o usuário deve informar ao programa os valores de carga dos ventos. Buscando fornecer o maior controle possível ao usuário, foi implementado uma entrada de dados no formato matricial, permitindo ao mesmo que informe estes dados na ordem que preferir e que os altere, quantas vezes julgar necessário, a qualquer ponto da execução do programa. Na Figura 4.13 é possível verificar o lançamento associada com esta execução teste (ou validação).

Figura 4.13 – Novo modo de entrada dos valores para cada direção e cada intensidade de vento.



Fonte: ACERVO DO AUTOR

Adicionalmente, buscou-se implementar células para auxiliar no controle de dados, chamadas de “SOMA” e “ANALISE”, conforme Figura 12. Localizadas ao longo da linha e coluna “SOMA”, estas células, atualizadas em tempo real, somam cada valor inserido na tabela. E, ao final da tabela localiza-se a linha “ANALISE”. Nesta, é exibido uma mensagem a respeito dos valores inseridos na tabela. Caso o somatório dos valores “SOMA” seja inferior a 100%, a cor da célula é alterada para vermelho, e é exibida a mensagem “VALORES INSUFICIENTES”, indicando que é necessário aumentar algum dos valores informados, ou continuar a preencher a tabela (Figura 4.14).

Figura 4.14 – Resposta da nova versão do programa ANEMOCALC a dados numericamente incorretos com valores insuficientes.

WSW	0.45	4.5	1.3	0.1	6.35
W	0.45	7.5	4.8	0.3	13.05
WNW	0.45	4.8	2.9	0.2	8.35
NW	0.45	4.2	2.6	0.2	7.45
NNW	0.45	2.0	0.2	0.0	2.65
SOMA	7.2	62.3	28.9	1.5	99.9
ANALISE	VALORES INSUFICIENTES				

Fonte: ACERVO DO AUTOR

Caso o somatório dos valores “SOMA” seja superior a 100%, a cor da célula é alterada para vermelho e é exibida a mensagem “VALORES EXCEDENTES”, indicando ao usuário a necessidade de se reduzir algum valor inserido nas células (Figura 4.15).

Figura 4.15– Resposta da nova versão do programa ANEMOCALC a dados numericamente incorretos com valores excedentes

WSW	0.45	4.5	1.3	0.1	6.35
W	0.45	7.5	4.8	0.3	13.05
WNW	0.45	4.8	2.9	0.2	8.35
NW	0.45	4.2	2.6	0.2	7.45
NNW	0.45	2.0	0.4	0.0	2.85
SOMA	7.2	62.3	29.1	1.5	100.1
ANALISE	VALORES EXCEDENTES				

Fonte: ACERVO DO AUTOR

Contudo, caso os valores sejam corretamente informados ao programa, e o somatório dos mesmos seja igual a 100%, a cor da célula é alterada para verde, e é exibida a mensagem “VALORES ADEQUADOS”, indicando ao usuário o fim da etapa de inserção de dados (Figura 4.16).

Figura 4.16– Resposta da nova versão do programa ANEMOCALC a dados numericamente corretos

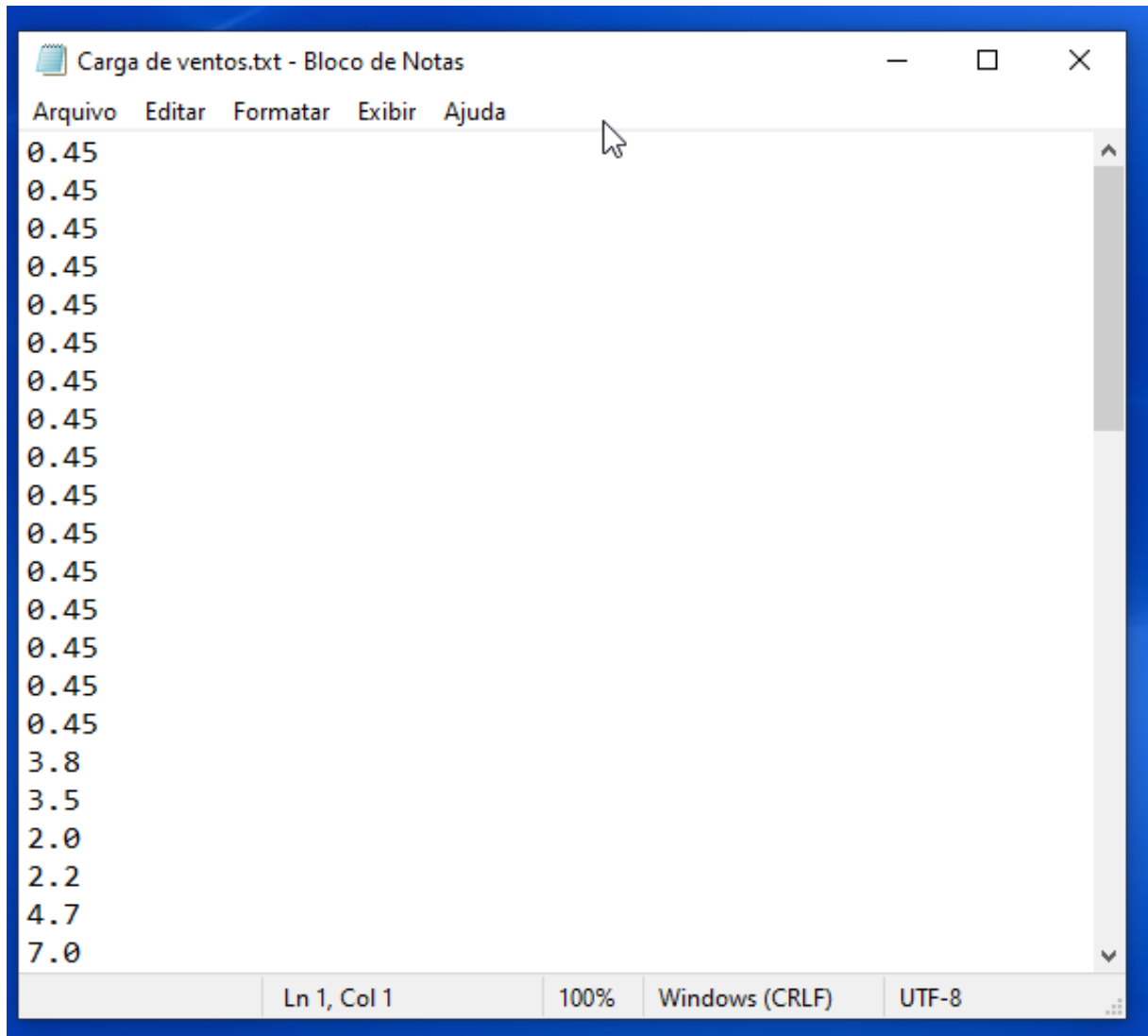
WSW	0.45	4.5	1.3	0.1	6.35
W	0.45	7.5	4.8	0.3	13.05
WNW	0.45	4.8	2.9	0.2	8.35
NW	0.45	4.2	2.6	0.2	7.45
NNW	0.45	2.0	0.3	0.0	2.75
SOMA	7.2	62.3	29.0	1.5	100.0
ANALISE	VALORES ADEQUADOS				

Fonte: ACERVO DO AUTOR

Alternativamente, devido à grande quantidade de valores a serem inseridos, foi implementado no botão “Importar”, uma forma alternativa de informar o regime de ventos ao programa.

Para tanto, é necessário que o usuário já possua salvo em sua máquina um arquivo de texto contendo todos os valores de carga de vento. Estes dados precisam estar dispostos em um valor por linha, e utilizando “.” como separador decimal (Figura 4.17 e Apêndice).

Figura 4.17 - Exemplo de arquivo corretamente formatado para ser lido pela nova versão do ANEMOCALC.

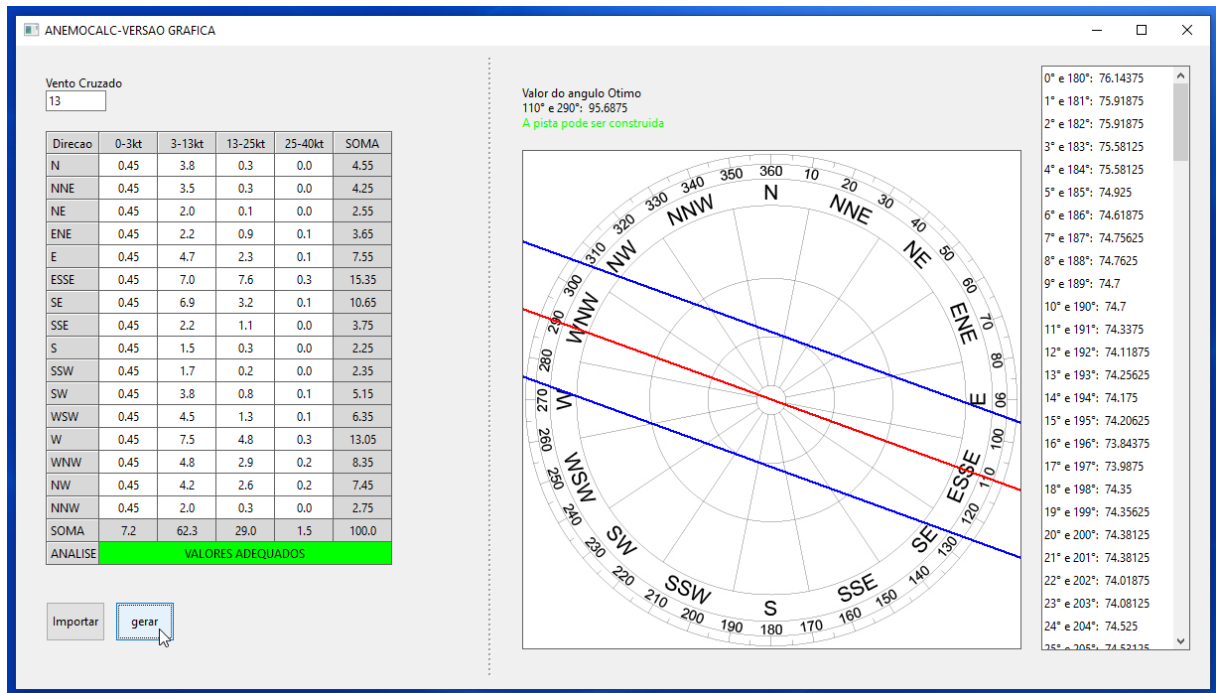


Fonte: ACERVO DO AUTOR

Ao ser pressionar o botão “Importar” abre-se uma janela de navegação padrão do Windows. Nela, espera-se que o usuário navegue até a localização do arquivo descrito acima e o selecione. Desta forma, o programa analisará os dados contidos no mesmo e o distribuirá na tabela mencionada anteriormente, possibilitando ao usuário que confirme os valores inseridos e que os altere, caso julgue necessário.

Ao finalizar o preenchimento adequado da tabela, conforme as suas necessidades, o usuário deve pressionar o botão “Gerar”. Este botão inicializa o módulo de processamento, que por sua vez, preenche automaticamente os campos de saída de dados (Figura 4.18).

Figura 4.18- Retorno final da nova versão do programa ANEMOCALC.

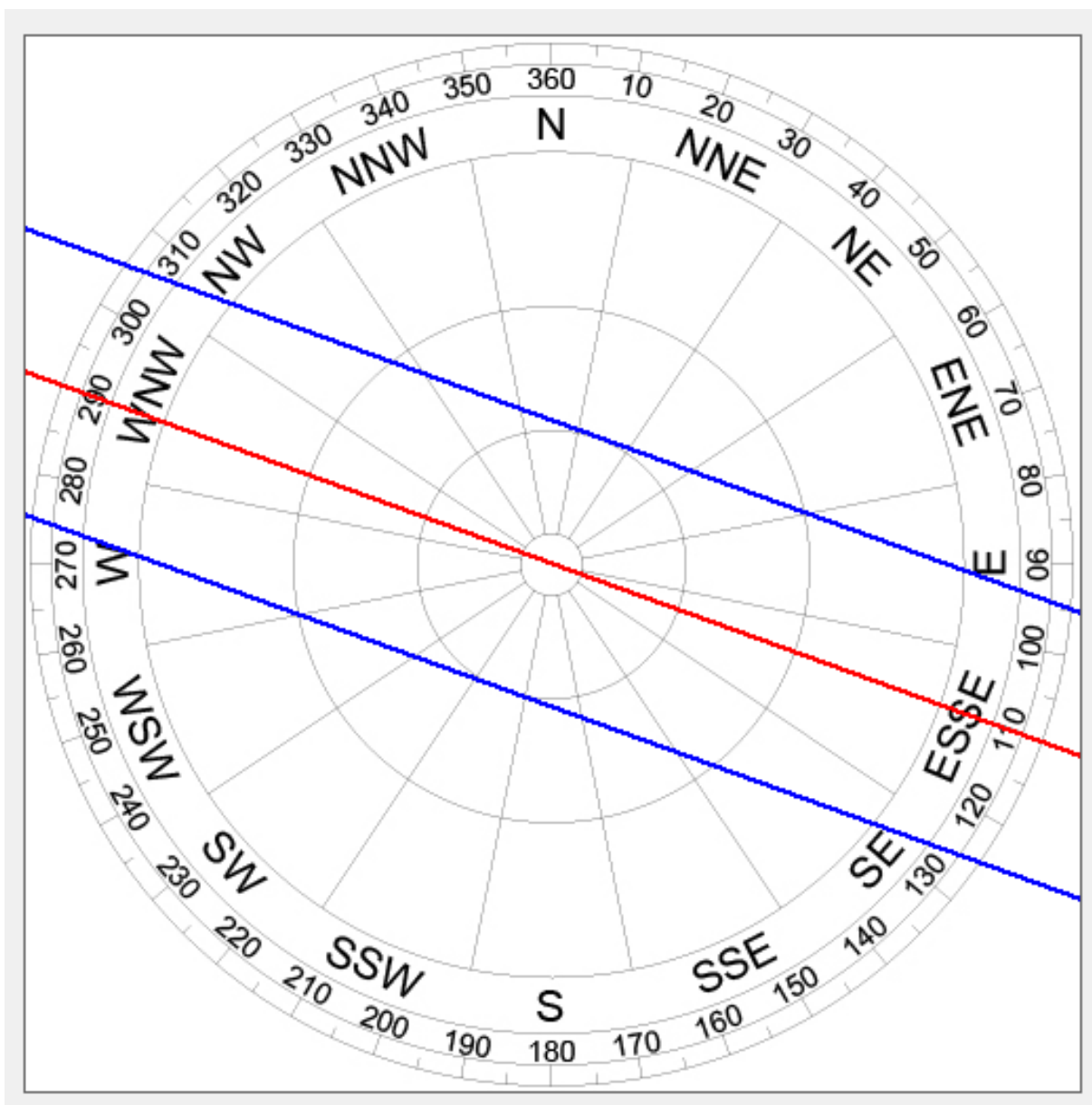


Fonte: ACERVO DO AUTOR

Exibidos no lado direito da tela, estão as informações relacionadas a saída de dados. Da mesma forma como foi implementada na versão original, é exibida uma lista com todos os ângulos e seus respectivos Fatores de Utilização, assim como um campo em destaque, contendo o ângulo e Fator de Utilização correspondente ao ângulo ótimo.

Em destaque, verifica-se o anemograma. Nele encontra-se 3 linhas (Figura 4.18, com ênfase na Figura 4.19). A linha vermelha corresponde a direção encontrada no ângulo ótimo. Esta linha é dinâmica e possui sua direção alterada sempre que o botão “Gerar” é pressionado, isto é, caso um conjunto de ventos diferente do anterior seja informado. As linhas azuis são referentes ao valor do vento cruzado, representando-o graficamente no anemograma por meio da distância em referência a linha vermelha. Estas linhas são dinâmicas e possuem sua posição alterada sempre que o usuário pressiona o botão “Gerar”, caso o mesmo tenha alterado o valor de vento cruzado.

Figura 4.19 - Anemograma dinâmico gerado pela nova versão do programa ANEMOCALC.



Fonte: ACERVO DO AUTOR

Uma vez exibidos os valores de saída de dados, considera-se concluído o ciclo do programa. Cabe ao usuário, encerrar sua execução ou alterar algum dos valores informados, executando novamente o módulo de processamento e gerando novos dados de saída. Este ciclo pode ser repetido quantas vezes forem solicitadas pelo usuário, até que o mesmo considere não mais necessário, encerrando o programa.

CAPÍTULO 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aviação brasileira, tal como a aviação em todo o mundo, continua a evoluir e crescer. Para permitir que este crescimento siga em um fluxo contínuo e seguro, a infraestrutura da aviação deve acompanhar este crescimento. Seja na construção de novos aeroportos ou na expansão e manutenção dos aeroportos existentes, o Brasil deve e está investindo em sua infraestrutura aérea. Para oferecer suporte a esse investimento, é perceptível o surgimento de diversos *softwares* voltados a esta demanda. Dentre estes *softwares*, encontra-se o ANEMOCALC, *software* acadêmico que embora totalmente funcional, não possuía uma interface gráfica para fácil utilização, possuía um código fonte denso e com funções acumuladas, dificultando futuras adições e edições.

Como resultado desta pesquisa, foi possível não apenas traduzir e adaptar o *software* ANEMOCALC para uma versão mais limpa e compreensível, mas também produzir uma tela gráfica para o programa, fornecendo ao usuário uma utilização mais prática, confortável e dinâmica. O código foi segmentado em diferentes módulos, facilitando futuras alterações, expansões e a inserção de novas funções. São elas:

- O programa possui uma tela única, garantindo que o usuário tenha controle total de todas as informações inseridas no programa, desde sua inserção, até o resultado final;
- O programa possui a entrada de valores das cargas de ventos no formato matricial, portanto é possível que o usuário edite qualquer valor, a qualquer momento, sem precisar entrar com todos os outros valores;
- O programa avisa ao usuário, em tempo real, se os valores inseridos estão matematicamente corretos e, portanto, se serão capazes de fornecer um resultado real;
- O programa permite que o usuário selecione, utilizando o sistema de navegação padrão do Windows, um arquivo de texto previamente formatado, contendo todos os valores de carga de ventos, para uma inserção direta no programa;
- A implementação dinâmica do anemograma, indicando visualmente ao usuário, a direção do ângulo ótimo;
- A posição dinâmica das linhas auxiliares, acompanhando simultaneamente a direção da linha do ângulo ótimo e o valor inserido no campo vento cruzado;

- O programa permite que o usuário altere os dados de entrada e gere novos resultados de saída quantas vezes forem solicitadas, sem que seja necessário que o usuário execute o programa novamente.

Dito isto, aplicar o programa junto à comunidade acadêmica, buscando levantar/diagnosticar dificuldades de uso e recursos a serem adicionados é um ótimo caminho de continuação do trabalho. Em adição, recomendar-se-ia também: realizar o cálculo do Fator de Utilização para duas pistas simultâneas, adicionar grupos de vento de tamanho dinâmico e realizar tratamentos de erro, protegendo o usuário de inserir valores equivocado nos campos de entrada.

REFERÊNCIAS

ADVINCULA, C. P. G., MURÇA, M. C. R., SILVA, R. S. C., & BELDERRAIN, M. C. N. DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO CONCEITUAL PARA UM SISTEMA DE APOIO À DECISÕES TÁTICAS NO CONTROLE DE TRÁFEGO AÉREO UTILIZANDO SOFT SYSTEMS METHODOLOGY. Congresso. 2013.

A LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO. Organização Lua. Disponível em: <https://www.lua.org/portugues.html/>. Acesso em: 24 junho 2021

ALVES, Cláudio Jorge Pinto. ESCOLHA DE SÍTIO AEROPORTUÁRIO. Disponível em: <http://www2.ita.br/~claudioj/sitio.pdf>>. Acesso em: 12 novembro 2021.

ANAC, Agência Nacional de Aviação Civil. Resolução N° 374, de 28 de janeiro de 2016. Estabelece, para os anos de 2016, 2017, 2018, 2019 e 2020, o valor do fator x. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/boletim-de-pessoal/2017/51/anexo-ii-metodologia-de-calculo-do-fator-x>. Acesso em: 11 novembro 2021

BIELSCHOWSKY, Pablo; CUSTÓDIO, Marcos da Cunha. A evolução do setor de transporte aéreo brasileiro. Revista Eletrônica Novo Enfoque, v. 13, n. 13, p. 72-93, 2011.

COSTA, M. G. V . DELEGAÇÃO PERMANENTE DO BRASIL JUNTO À ORGANIZAÇÃO DA AVIAÇÃO CIVIL INTERNACIONAL (OACI) EM MONTREAL. Comissão de Relações Exteriores e Defesa Nacional (CRE) .Agência Senado. 2016. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=8862741&ts=1594257183392&disposition=inline>. Acesso em: Acesso em: 14 novembro 2021

DESIGN FOR A FLYING MACHINE. Leonardo da Vinci - Paintings, Drawings, Quotes, Biography. Disponível em: <https://www.leonardodavinci.net/design-for-a-flying-machine.jsp#prettyPhoto/>. Acesso em: 13 maio 2021

FIRST SESSION OF INTERIM COUNCIL (PICAO). ICAO Uniting Aviation- A united nations specialized agency. Disponível em: https://www.icao.int/secretariat/legal/pages/photos.aspx#InplviewHash7be0e0e2-b417-4208-8fca-7746b4a18d42=Paged%3DTRUE-p_ID%3D90-PageFirstRow%3D91/. Acesso em: 16 maio 2021

GIUCCI, Guillermo. Aviação e literatura. ComCiência (UNICAMP), v. 84, p. 10-11, 2007.

GOLDNER, L. G.; SANTOS, J. V.; JUNIOR, V. C. Apostila de Aeroportos. 213p. Programa de Educação Tutorial – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

GONÇALVES, Haikel Baganem Busgaib. Desenvolvimento de banco de dados para condições de aderência em pavimentos aeroportuários. 2021. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Fortaleza, 2021.

GOVERNO FEDERAL GARANTE R\$ 6,1 BILHÕES DE INVESTIMENTOS E ARRECADA R\$ 3,3 BILHÕES EM OUTORGAS. Ministério da Infraestrutura (MINFRA). Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/noticias/2021/4/governo-federal-garante-r-6-1-bilhoes-de-investimentos-e-arrecada-r-3-3-bilhoes-em-outorgas/>. Acesso em: 20 maio 2021

INDICADORES DO TRANSPORTE AÉREO RECUAM EM CONSEQUÊNCIA DA PANDEMIA DE COVID-19. ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/noticias/2021/indicadores-do-transporte-aereo-recuam-em-consequencia-da-pandemia-de-covid-19/>. Acesso em: 10 fevereiro 2022

MANUAL DE CÁLCULO DE PCN DE PAVIMENTOS AEROPORTUÁRIOS USANDO O COMFAA 3.0. ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/centrais-de-conteudo/aeroportos-e-aerodromos/manuais-e-cartilhas/manual-de-calculo-de-pcn-de-pavimentos-aeroportuarios-usando-o-comfaa-3.0/>. Acesso em: 10 janeiro 2022

MERCADO AÉREO EM 2019: MAIOR NÚMERO DE PASSAGEIROS TRANSPORTADOS DA SÉRIE HISTÓRICA. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/noticias/2020/mercado-aereo-registra-maior-numero-de-passageiros-transportados-da-serie-historica/>. Acesso em: 20 maio 2021

MURARO, Daniel Amado. ESTIMACAO DE RUIDOS DE MOTORES TURBOFAN INSTALADOS EM AERONAVES DE TRANSPORTE. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Aeronáutica e Mecânica) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica.

NUNES, Ricardo Henrique et al. AUTOMAÇÃO DO PROCEDIMENTO PARA OBTENÇÃO DA ORIENTAÇÃO DE PISTAS DE POUSO E DECOLAGEM E DA TEMPERATURA DE REFERÊNCIA DE SÍTIOS AEROPORTUÁRIOS. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina. 2019.

O TRANSPORTE AÉREO NO BRASIL: CENÁRIO ATUAL E O QUE VEM PELA FRENTE. PRESTEX - blog da Prestex. Disponível em: <https://www.prestex.com.br/blog/tendencias-no-transporte-aereo-no-brasil/>. Acesso em: 10 fevereiro 2022

SANTOS DUMONT, O GÊNIO BRASILEIRO – CAPÍTULO II. Portal do aviador. Disponível em: <https://www.portaldoaviador.com/santos-dumont-o-genio-brasileiro-parte-ii/>. Acesso em: 13 maio 2021

SANTOS DUMONT, O GÊNIO BRASILEIRO – CAPÍTULO III. Portal do aviador. Disponível em: <https://www.portaldoaviador.com/santos-dumont-o-genio-brasileiro-parte-iii/>. Acesso em: 13 maio 2021

SETOR AÉREO PREVÊ RETOMADA TOTAL DE VOOS DOMÉSTICOS NO 1º TRIMESTRE DESTA ANO. CNN BRASIL - Business. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/business/setor-aereo-preve-retomada-total-de-voos-domesticos-no-1o-trimestre-deste-ano/>. Acesso em: 10 fevereiro 2022

SILVA, Daniela Almeida. DETERMINAÇÃO DO FATOR DE UTILIZAÇÃO ÓTIMO PARA DEFINIÇÃO DA PISTA DE POUSO/DECOLAGEM. Programa Institucional de Bolsa de Iniciação Científica/PIBITI. Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Goiás. s.d.

SILVA, Odair Vieira da; SANTOS, Rosiane Cristina dos. TRAJETÓRIA HISTÓRICA DA AVIAÇÃO MUNDIAL. Revista Científica Eletrônica de Turismo. Semestral. Edição, v. 11, 2009.c

SOUSA, Matheus Silva. DETERMINAÇÃO DA ORIENTAÇÃO DE PISTAS DE POUSO/DECOLAGEM- UMA IMPLEMENTAÇÃO COMPUTACIONAL. 2018. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Goiás, Jataí, 2018.

SANTOS, Siliomar Antonio de Souza. SOLUÇÃO NUMÉRICA DE EQUAÇÕES DIFERENCIAIS ORDINÁRIAS: UMA IMPLEMENTAÇÃO COMPUTACIONAL DO MÉTODO DE RUNGE-KUTTA. Programa Institucional de Bolsa de Iniciação Científica/PIBITI. Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Goiás. 2018

UFPEL. FAEM/UFPe Agrometeorologia - INSTRUMENTOS METEOROLÓGICOS. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/agrometeorologia/informacoes/instrumentos-meteorologicos/>. Acesso em: 16 maio 2021

ZIMMERMANN, Nara; OLIVEIRA, Alessandro VM. LIBERALIZAÇÃO ECONÔMICA E UNIVERSALIZAÇÃO DO ACESSO NO TRANSPORTE AÉREO: É POSSÍVEL CONCILIAR LIVRE MERCADO COM METAS SOCIAIS E AINDA EVITAR GARGALOS DE INFRAESTRUTURA. Journal of Transport Literature, v. 6, n. 4, p. 82-100, 2012.

**CAPÍTULO 7 APÊNDICE – EXEMPLO DE ARQUIVO DE TEXTO A SER
IMPORTADO NO ANEMOCALC**

0.45

0.45

0.45

0.45

0.45

0.45

0.45

0.45

0.45

0.45

0.45

0.45

0.45

0.45

0.45

0.45

3.8

3.5

2.0

2.2

4.7

7.0

6.9

2.2

1.5

1.7

3.8

4.5

7.5

4.8

4.2

2.0

0.3

0.3

0.1

0.9

2.3

7.6

3.2

1.1

0.3

0.2

0.8

1.3

4.8

2.9

2.6

0.3

0.0

0.0

0.0

0.1

0.1

0.3

0.1

0.0

0.0

0.0

0.1

0.1

0.3

0.2

0.2

0.0

determina prioridades, interpreta comandos, interfere no tempo exigido para realizar as operações solicitadas e quão prático é realizar certo tipo de atividade proposta, seja ela um conjunto de cálculos extensos ou uma tela intuitiva e confortável de interagir. Cada linguagem “raciocina” de forma diferente e exige do programador uma diferente forma de pensar (SANTOS, 2018). Pensando nestes fatores, assim como na familiaridade e expertise, a linguagem escolhida para montar a tela gráfica do programa é a linguagem Lua.

Criada por uma equipe de pesquisadores da PUC-Rio em 1993, Lua é uma linguagem concebida com o objetivo de ser o mais leve possível. Conhecida internacionalmente por sua praticidade, sua agilidade superior tanto em execução quanto em programação e a facilidade no trabalho com interfaces gráficas diversas, Lua tem sido utilizada em diversos jogos famosos, programas de edição de imagens e como linguagem auxiliar em inúmeros aplicativos utilizados no dia a dia (Organização Lua, 2021).

2.4 O METODO ANEMOGRAMA

Nesta seção explana-se, de forma sucinta, sobre o método anemograma e o programa ANEMOCALC. Uma ampla explicação destes pode ser encontrada em: Determinação da orientação de pistas de pouso/decolagem – uma ferramenta digital de implantação (SOUSA, 2018) e Determinação do fator de utilização ótimo para definição da orientação de pistas de pouso/decolagem (SILVA, s.d.).

2.4.1 A relevância do vento

Fator presente em todas as etapas do voo, o vento precisa ser sempre considerado. Caso a aeronave esteja no ar, ele causará turbulência, um efeito incomodo, mas em geral, tanto inevitável quanto inofensivo. Porém, caso a aeronave esteja decolando ou pousando, o vento pode passar a assumir um papel muito mais relevante, tanto pelos riscos e encargos que adiciona ao voo, quanto para a segurança da operação, isso caso a aeronave receba ventos perpendiculares a direção de pouso ou decolagem, os chamados ventos de través.

2.4.2 Levantamento de dados

Para evitar estes mesmos riscos e encargos, é realizado o estudo da direção do vento. Utilizando um anemógrafo (ver seção 2.2.1), é coletado, ao longo de 5 anos, informações sobre a direção e a intensidade dos ventos em um determinado local. Estes valores são tabelados e calculados em uma média mensal, sendo-os, finalmente, agrupados por direção, intensidade e porcentagem

de ocorrência ao longo do mês. Uma vez sistematizadas conforme descrito, as informações são transferidas para o anemograma, de forma na qual os ventos de menor intensidade ficam próximos do centro e os ventos mais intensos ficam nas extremidades, sempre na direção cardeal de sua orientação real.

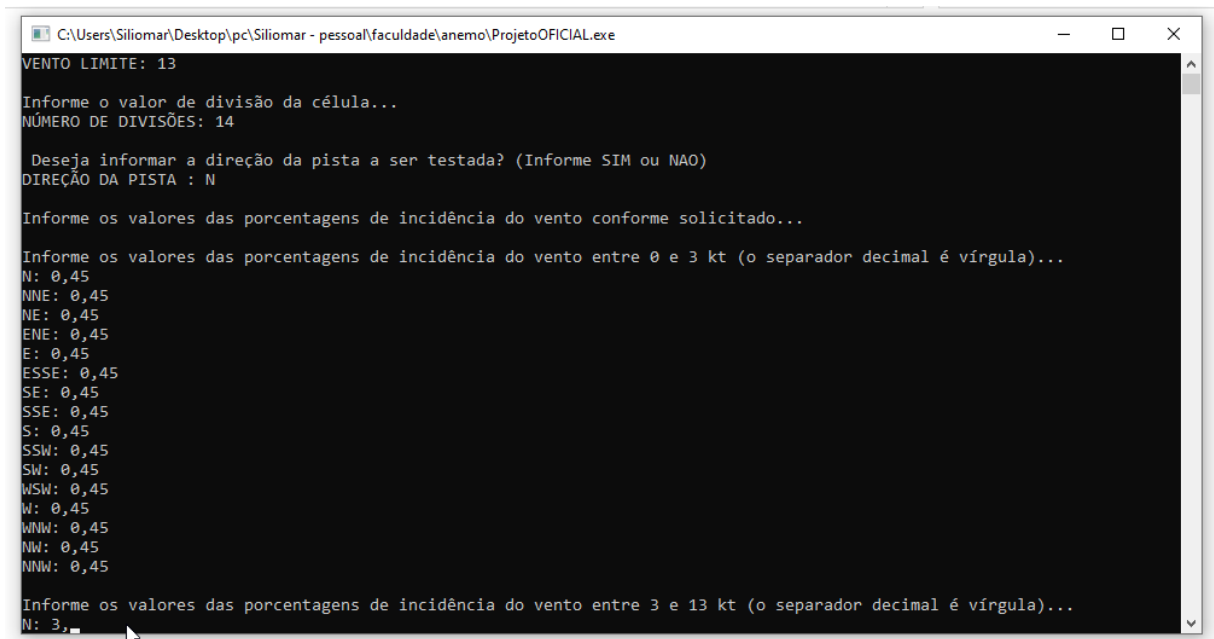
2.4.3 A execução do método anemograma

Dada a natureza gráfica das operações que sucedem o preenchimento dos dados no anemograma, é comum que se use algum *software* de desenho técnico. Nele, traça-se uma linha reta que atravessa o anemograma, passando pelo seu centro. Em seguida, são traçadas duas linhas igualmente paralelas a esta primeira linha, cuja distância é definida pela velocidade máxima permitida do vento de través, o vento que colide perpendicularmente com a aeronave. Então, com a rotação desse conjunto de linhas, busca-se encontrar uma posição aonde 95% dos valores do anemograma estejam no espaço compreendido pelas duas linhas externas. Como resposta final, temos o ângulo da linha central, que será adotado para a construção da pista (GOLDNER, SANTOS e JUNIOR, 2012)

2.4.4 O programa ANEMOCALC

Embora o método anemograma seja direto e específico, para ele ser processado por um computador, faz-se necessário desconstruí-lo e reformulá-lo em passos lógicos. De forma sucinta, devido à complexidade do código, pode-se descrever os passos lógicos da seguinte maneira: é solicitado ao usuário que informe o valor máximo do vento limite (vento perpendicular à aeronave ou vento de través), o valor de divisão da célula (quantidade de grupos de vento, tendo como critério a sua intensidade) e se o usuário gostaria de confirmar uma direção de pista específica, e então, qual seria esta direção, ou se gostaria de ver os valores correspondentes a cada uma das 360 opções. Uma vez inseridos estes dados, que são inseridos via *prompt* de comando (Figura 2.4), é solicitado ao usuário, que informe cada valor de vento correspondente a cada direção e sua respectiva intensidade, isto é, os mesmos valores que seriam preenchidos no anemograma. Assim que todos os valores de vento são inseridos, o programa exibe todos os dados informados pelo usuário, e pede para ele que confirme se os mesmos foram corretamente inseridos.

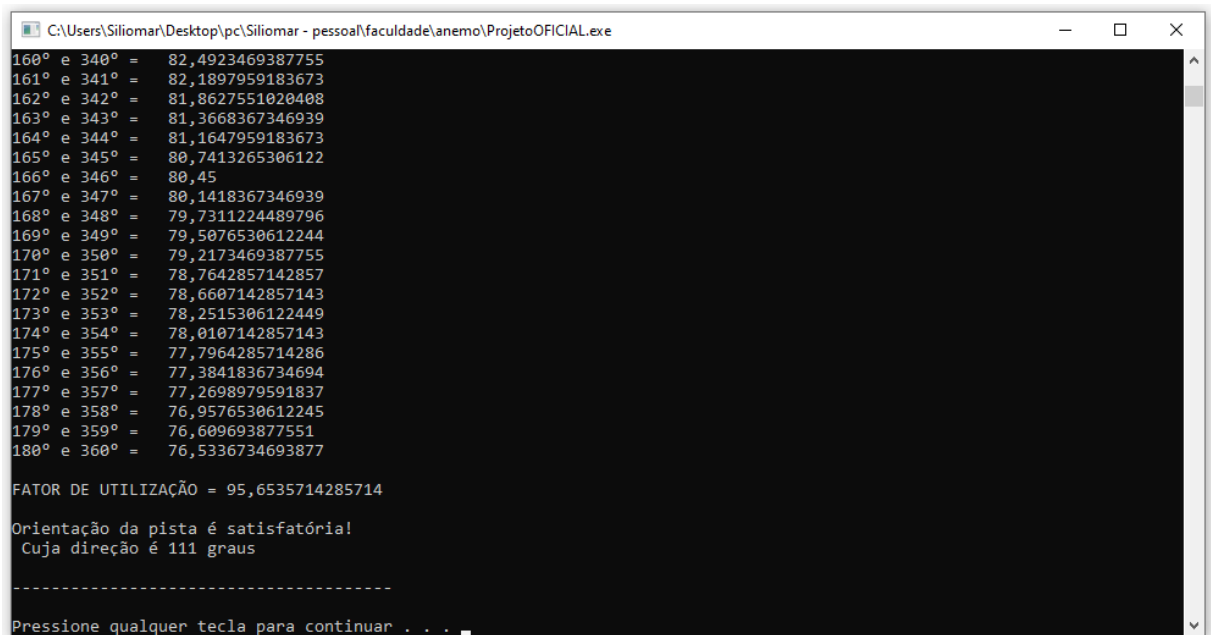
Figura 2.4 – Inserção de dados no ANEMOCALC



Fonte: ACERVO DO AUTOR

Caso positivo, o programa segue por um de dois caminhos. Caso o usuário tenha informado o interesse em confirmar uma direção de pista em específico, o programa utilizará este valor e calculará o Fator de Utilização uma única vez, retornando ao usuário o valor correspondente ao ângulo informado. Caso o fator de utilização seja maior ou igual a 95%, o programa confirma que a orientação proposta é satisfatória, caso contrário, informa ao usuário que a orientação proposta não é satisfatória. Porém, caso o usuário tenha informado que não gostaria de informar uma orientação de pista, o programa calcula e mostra ao usuário, na mesma tela do *prompt* de comando, todos os fatores de utilização, de 0° a 360°, repetindo, após concluídos os cálculos, o maior valor encontrado (Figura 2.5), indicando assim a melhor orientação para aquele sítio (SILVA, s.d.).

Figura 2.5 – Resultados do programa ANEMOCALC



```
C:\Users\Siliomar\Desktop\pc\Siliomar - pessoa\faculdade\anemo\ProjetoOFICIAL.exe
160° e 340° = 82,4923469387755
161° e 341° = 82,1897959183673
162° e 342° = 81,8627551020408
163° e 343° = 81,3668367346939
164° e 344° = 81,1647959183673
165° e 345° = 80,7413265306122
166° e 346° = 80,45
167° e 347° = 80,1418367346939
168° e 348° = 79,7311224489796
169° e 349° = 79,5076530612244
170° e 350° = 79,2173469387755
171° e 351° = 78,7642857142857
172° e 352° = 78,6607142857143
173° e 353° = 78,2515306122449
174° e 354° = 78,0107142857143
175° e 355° = 77,7964285714286
176° e 356° = 77,3841836734694
177° e 357° = 77,2698979591837
178° e 358° = 76,9576530612245
179° e 359° = 76,609693877551
180° e 360° = 76,5336734693877

FATOR DE UTILIZAÇÃO = 95,6535714285714

Orientação da pista é satisfatória!
  Cujá direção é 111 graus

-----
Pressione qualquer tecla para continuar . . .
```

Fonte: ACERVO DO AUTOR

CAPÍTULO 3 METODOLOGIA E INTERFACE

Neste capítulo faz-se a especificação das alterações no programa originalmente proposto por SOUSA (2018) e atualizado por SILVA (s.d.), assim como da lógica utilizada na tela gráfica.

3.1 METODOLOGIA UTILIZADA

Embora funcional, o código inicial do programa ANEMOCALC possuía muitas oportunidades de melhoria. Ao eliminar certas operações matemáticas redundantes e etapas excessivamente fracionadas, o código se tornou mais compacto e de fácil compreensão. Ao segmentar o código fonte em diferentes arquivos (separados por função), o código tornou-se mais claro e de fácil edição. Adicionalmente, devido ao interesse em utilizar a ferramenta IUP na linguagem Lua, foi necessária a tradução do código da linguagem original C#, para Lua. Uma vez realizadas a tradução e adaptação do código, foram executados testes com valores já previamente comprovados no programa original (este teste de validação encontra-se discriminado junto ao Capítulo 4 deste trabalho). Ambos os programas retornaram os mesmos valores, permitindo que o trabalho avançasse para a próxima etapa.

Neste ponto, a versão do programa ainda encontrava-se sendo executada no *prompt* de comando, um aplicativo nativo do Windows. Este aplicativo permite a entrada de apenas um valor por linha, tornando excessivamente complicada a edição posterior de valores inseridos pelo usuário. Logo, devido às limitações do *prompt* de comando, foi necessária a confecção de uma tela gráfica.

Assim, partiu-se para a proposição de uma imagem do programa e de suas funções. Por meio de pesquisas, programações e testes, foi-se construindo e lapidando esta imagem, ao ponto onde atingiu todos os recursos e funcionabilidades esperados do mesmo, para uma utilização clara, confortável e limpa.

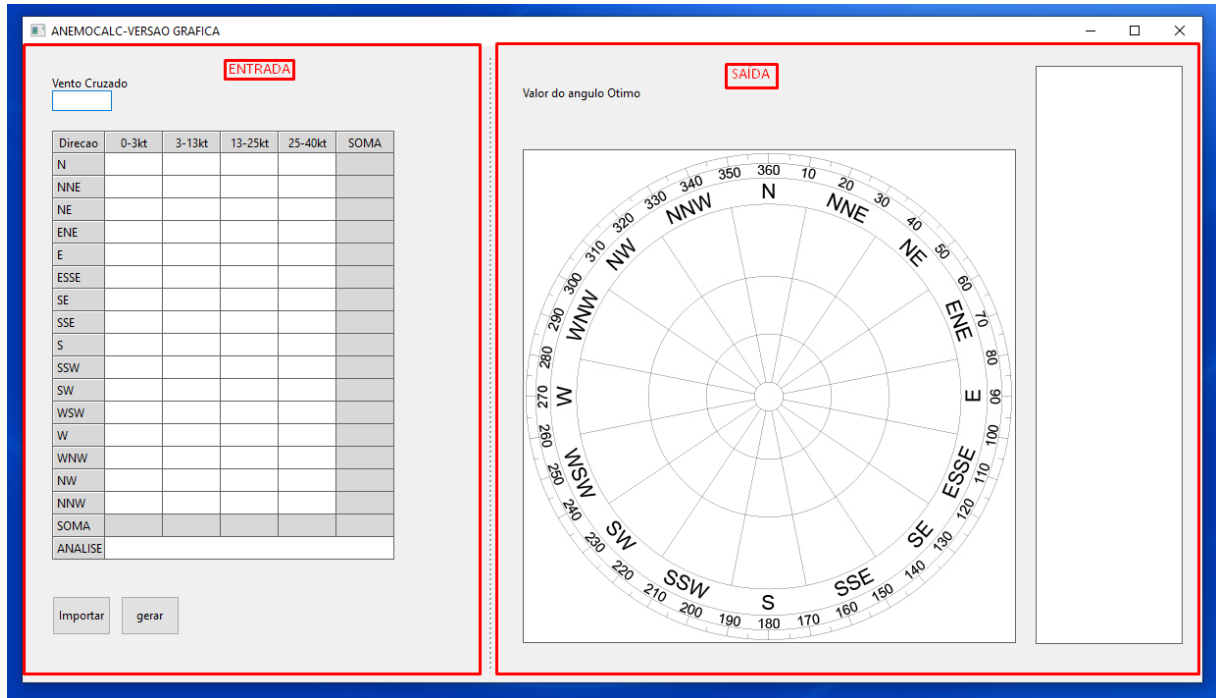
3.2 INTERFACE GRÁFICA

Assim como em sua primeira edição em *prompt* de comando, o código para a tela gráfica do programa ANEMOCALC manteve a estrutura original, dividindo-se em 3 partes principais: entrada de dados, processamento e saída de dados.

Entretanto, buscando-se uma utilização mais confortável e prática, decidiu-se por manter os painéis de entrada e saída de dados na mesma tela. A separação entre estes painéis é efetuada

por uma linha vertical pontilhada, dando ao usuário uma maior sensação de controle de toda a operação, por não precisar divergir sua atenção em múltiplas janelas durante a utilização do programa (Figura 3.1)

Figura.3.1 – Painéis de entrada e saída de dados no ANEMOCALC, versão gráfica



Fonte: ACERVO DO AUTOR

3.2.1 Entrada de dados

Localizada a esquerda da tela (Figura 3.1), o painel de entrada de dados solicita que o usuário informe valores necessários para a execução do programa (Figura 3.2).

O primeiro valor solicitado é o valor do vento cruzado ou vento de través. Assim como no programa original, este valor é utilizado para o cálculo do Fator de Utilização correspondente a cada ângulo. Abaixo deste, encontra-se a tabela para a entrada das intensidades médias dos ventos (regime de ventos). Nela o usuário deve inserir os valores, atentando para seu posicionamento correto em sua respectiva linha e coluna. Abaixo desta tabela estão posicionados os botões “Importar” e “Gerar”. O botão “Importar” abre uma janela de navegação padrão do Windows, solicitando ao usuário que selecione um arquivo previamente preenchido com os valores. Um exemplo deste encontra-se disponível em Apêndice. O botão “Gerar”, por sua vez, salva os valores da tabela, e os envia para o processamento, suspendendo temporariamente o painel de entrada.

Figura 3.2 – Painel de entrada de dados.

ANEMOCALC-VERSAO GRAFICA

Vento Cruzado
13

Direcao	0-3kt	3-13kt	13-25kt	25-40kt	SOMA
N	0.45	3.8	0.3	0.0	4.55
NNE	0.45	3.5	0.3	0.0	4.25
NE	0.45	2.0	0.1	0.0	2.55
ENE	0.45	2.2	0.9	0.1	3.65
E	0.45	4.7	2.3	0.1	7.55
ESSE	0.45	7.0	7.6	0.3	15.35
SE	0.45	6.9	3.2	0.1	10.65
SSE	0.45	2.2	1.1	0.0	3.75
S	0.45	1.5	0.3	0.0	2.25
SSW	0.45	1.7	0.2	0.0	2.35
SW	0.45	3.8	0.8	0.1	5.15
WSW	0.45	4.5	1.3	0.1	6.35
W	0.45	7.5	4.8	0.3	13.05
WNW	0.45	4.8	2.9	0.2	8.35
NW	0.45	4.2	2.6	0.2	7.45
NNW	0.45	2.0	0.3	0.0	2.75
SOMA	7.2	62.3	29.0	1.5	100.0
ANALISE	VALORES ADEQUADOS				

Importar gerar

Fonte: ACERVO DO AUTOR

3.2.2 Processamento de dados

O módulo de processamento, dado a natureza de sua função, não aparece diretamente na tela gráfica. Ele é composto por 3 partes principais: a inicialização do anemograma, o cálculo do Fator de Utilização e os cálculos adicionais.

3.2.2.1 A inicialização do anemograma

Não somente buscando a ergonomia cognitiva e conforto do usuário, a tela gráfica do programa busca implementar visualmente o anemograma. Para tal, fez-se uso da função canvas, uma função nativa do IUP que permite a exibição e edição de imagens. Esta função requer uma função própria para ser inicializada e, por uma questão de clareza de código, foi optado por mantê-la num arquivo separado.

3.2.2.2 O cálculo do Fator de Utilização

A respeito do Fator de Utilização, este foi um dos principais pontos para a tradução e adaptação do código original. No código original em C#, todo o programa estava no mesmo arquivo, sem nenhuma distinção de função, dependendo exclusivamente de comentários no próprio código fonte. Como dito anteriormente, este código foi traduzido e adaptado para Lua, assim como dividido em diferentes arquivos baseado na função de seu código. Um destes arquivos foi o próprio cálculo do Fator de Utilização, que foi inteiramente aproveitado desta tradução inicial e reinserido no módulo de processamento da tela gráfica.

3.2.2.3 Cálculos adicionais

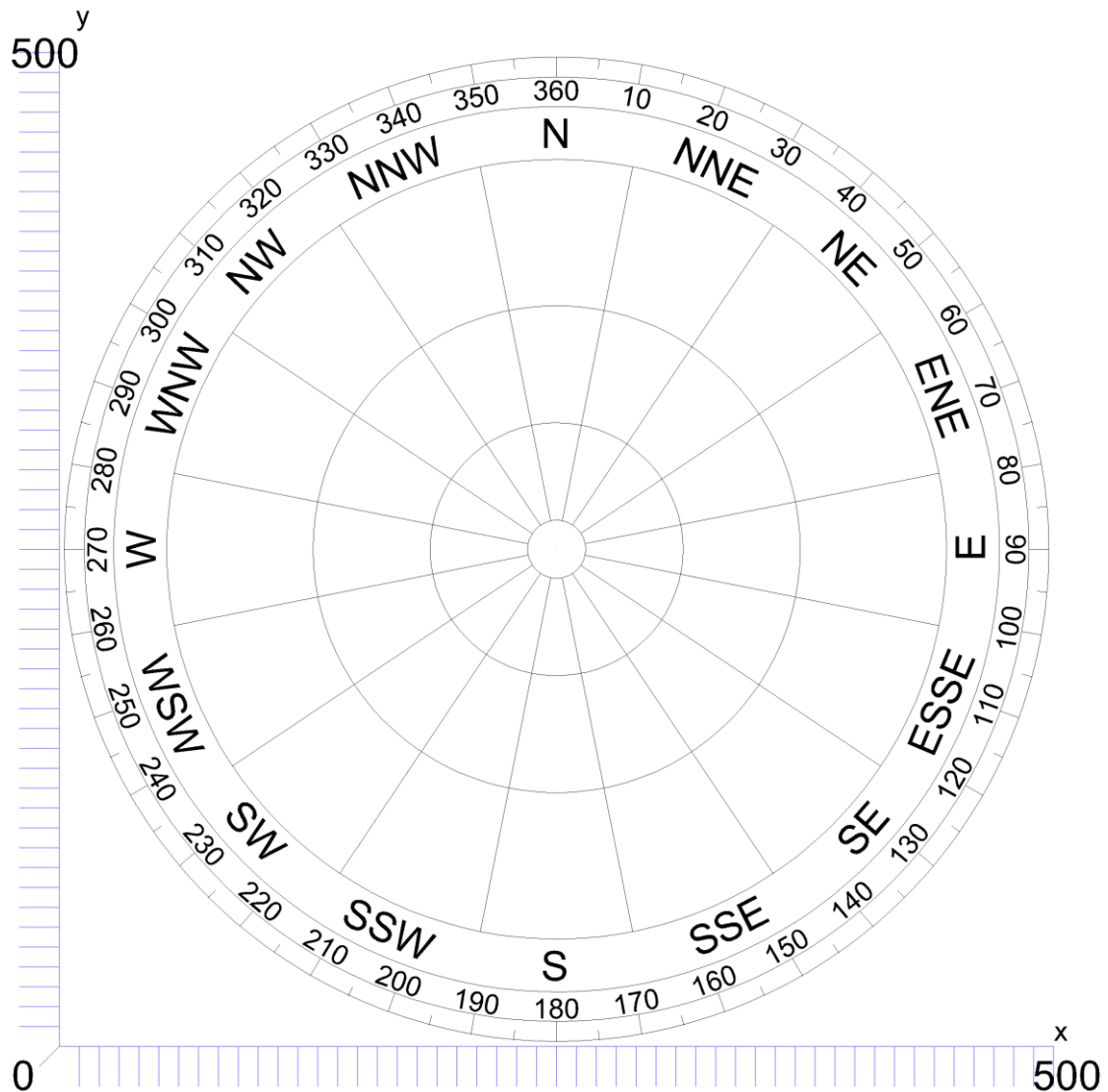
Desta forma, uma vez iniciado o canvas e com todos os Fatores de Utilização e seus respectivos ângulos calculados, ainda restam diversos cálculos a serem feitos e dados a serem organizados. Embora a ideia de dividir todo o código em diferentes arquivos para cada cálculo pareça conveniente, sua execução causaria a sensação de que o código é muito mais complexo e extenso do que realmente é. Portanto, estas funções foram reunidas em um único arquivo, o chamado "Anemotor". Embora este arquivo seja repleto de funções, estas são, em sua grande maioria, simples funções de análise de dados, organização de valores, limitação de casas decimais, entre outras funções pré-construídas e apenas adaptadas para a realidade do código. Entretanto, devido ao quão específicas são as edições de imagem a serem realizadas no anemograma, toda a lógica ao utilizar o canvas precisou ser construída de forma totalmente personalizada ao programa.

3.2.2.4 A lógica computacional do anemograma

A ferramenta canvas analisa toda imagem inserida como um conjunto de pixels. Baseada no tamanho da imagem, ela a mapeia, posicionando a origem no canto inferior esquerdo. Como a imagem produzida para o anemograma possui tamanho de 500 x 500 pixels, o programa a interpretou conforme ilustrado na Figura 3.3.

Para a utilização do anemograma, é necessário ser capaz de traçar uma linha reta, que cruze sempre o ponto central do círculo. Esta linha precisa ser capaz de mudar livremente sua posição angular (rotacionar), uma vez que esteja sempre cruzando este ponto central.

Figura 3.3 – Análise computacional do anemograma.

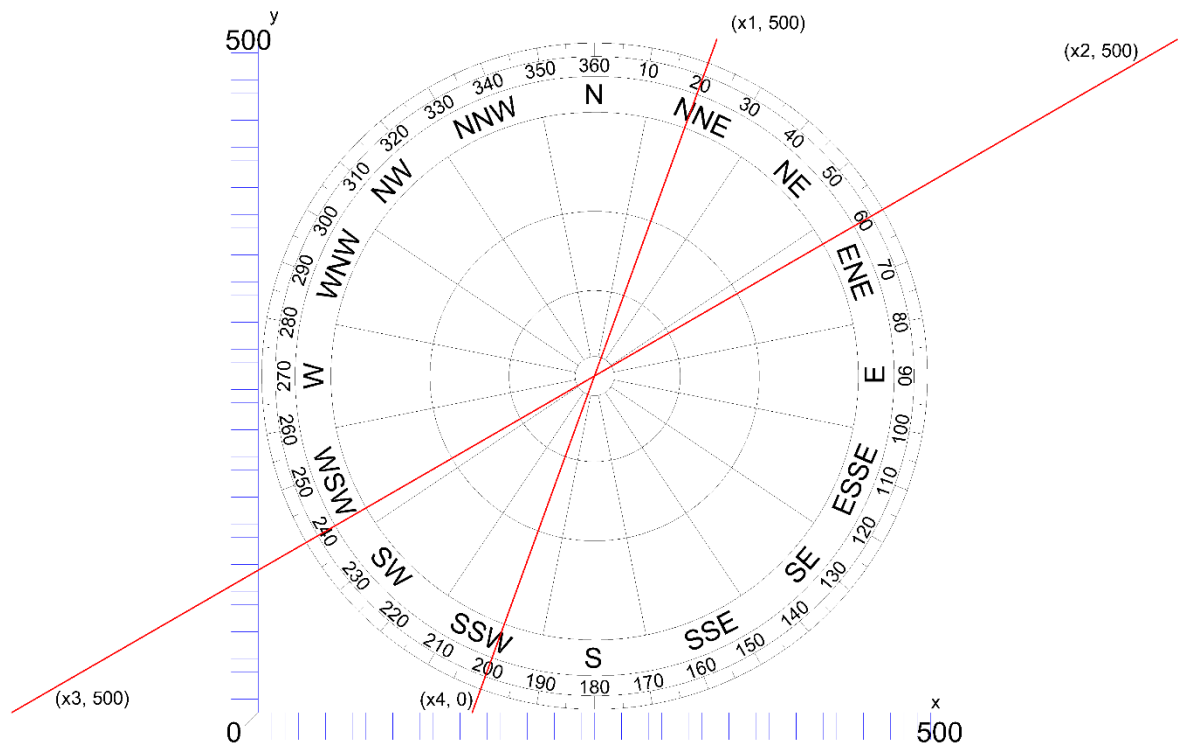


Fonte: ACERVO DO AUTOR

A ferramenta canvas possui a ferramenta LINE. Esta ferramenta recebe 2 conjuntos de pontos, os interpretando como dois diferentes pontos cartesianos, traçando uma linha ligando ambos. Entretanto, o anemograma possui distancia variável. Por exemplo, uma reta atravessando os ângulos 20° e 200° sempre será menor que uma reta atravessando os ângulos 60° e 240° . É preciso uma forma segura de encontrar estes pares de coordenadas para qualquer valor proposto.

Neste sentido, é possível resolver parte do problema sabendo-se que, independentemente dos pares de ângulos exigidos, o valor de y sempre será 0 ou 500, pois a reta sempre precisa tocar as bordas da imagem (Figura 3.4).

Figura 3.4 – Diferentes retas sobre o anemograma.



Fonte: ACERVO DO AUTOR

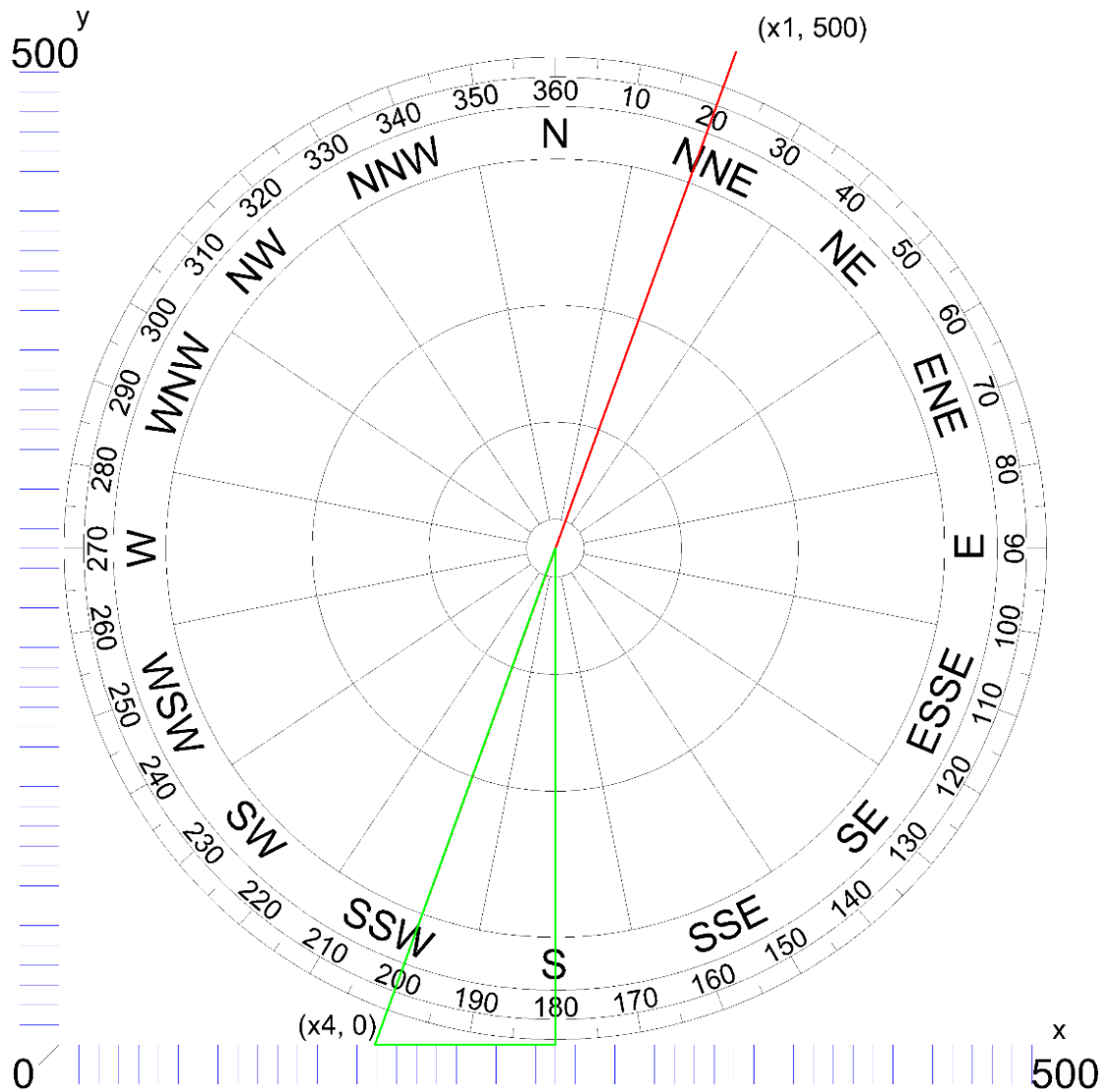
Com o valor de y conhecido, resta encontrar, por trigonometria, o valor de x . Para toda reta que cruze o eixo central do anemograma, é possível traçar um triângulo retângulo a partir do ponto central do anemograma. Este triângulo, ainda que possua hipotenusa e cateto oposto de tamanhos variados, possui sempre seu cateto adjacente no tamanho de 250 pixels, a metade da imagem (Figura 3.5).

O valor do cateto adjacente é conhecido e o valor da hipotenusa é irrelevante e variável, resta encontrar o valor do cateto oposto para se ter a posição de x_4 , conforme Equação 3.1.

$$\text{tangente}(x) = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{cateto adjacente}} \quad (3.1)$$

Entretanto, para utilizar a Equação 3.1 é necessário descobrir o valor do ângulo. Para tal, foi necessário determinar o valor absoluto da subtração entre o eixo vertical no meio do anemograma (180°) e o valor do ângulo da reta, isto é, o ângulo ótimo fornecido pelo próprio programa. Com todas as variáveis em mãos, foi possível isolar o cateto oposto e implementar a Equação 3.2.

Figura 3.5 – Triângulo retângulo em verde traçado sobre anemograma.

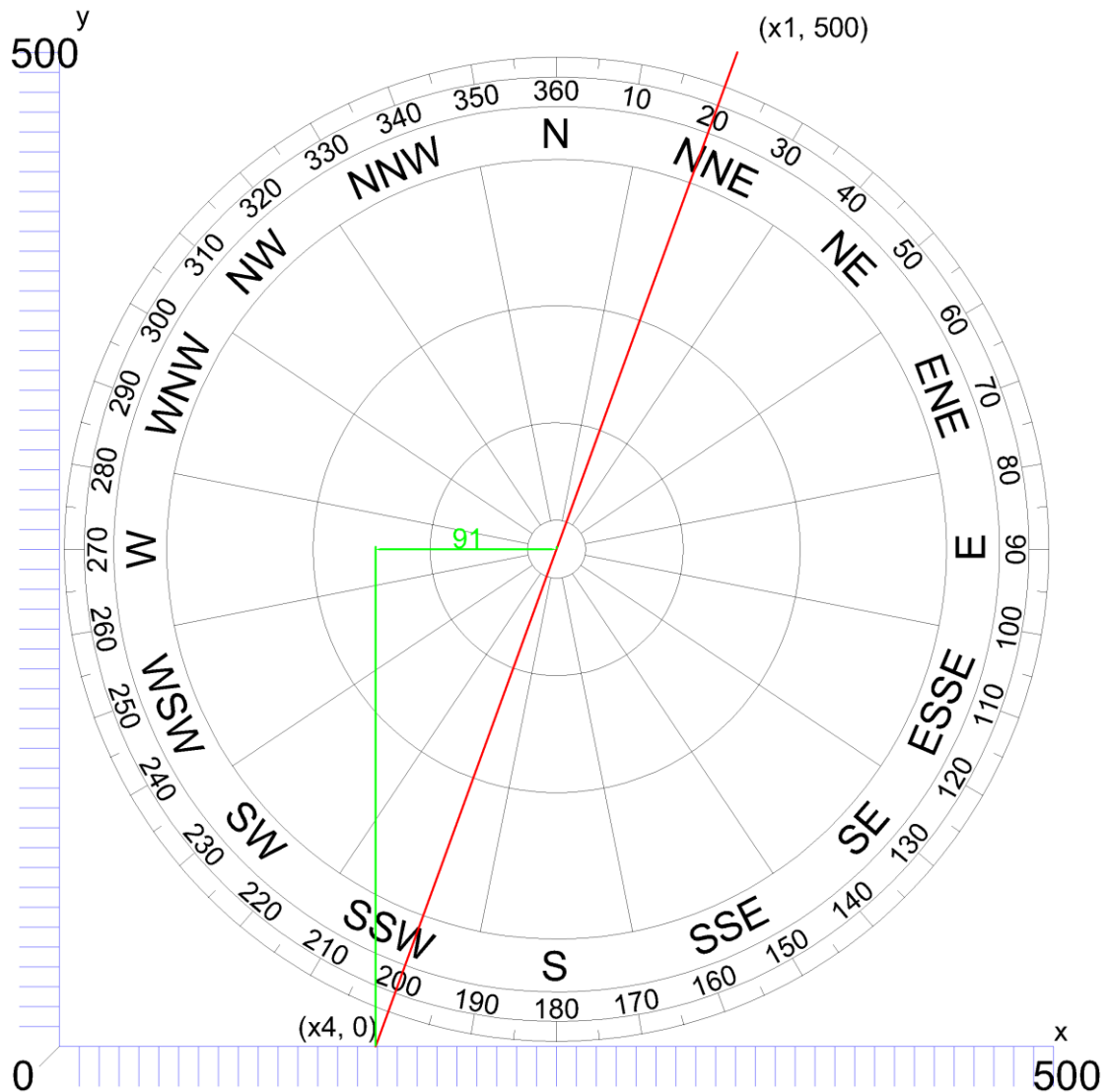


Fonte: ACERVO DO AUTOR

$$\text{cateto oposto} = \text{tangente}(x) \times \text{cateto adjacente} \quad (3.2)$$

Com a Equação 3.2, obtém-se a distância do ponto x à metade da imagem (Figura 3.6). Portanto, somando-a ou subtraindo-a, dependendo da posição da reta, obtém-se a sua posição absoluta em relação a origem da imagem (Figura 3.7).

Figura 3.6 – Distancia de x em relação ao ponto central da imagem.

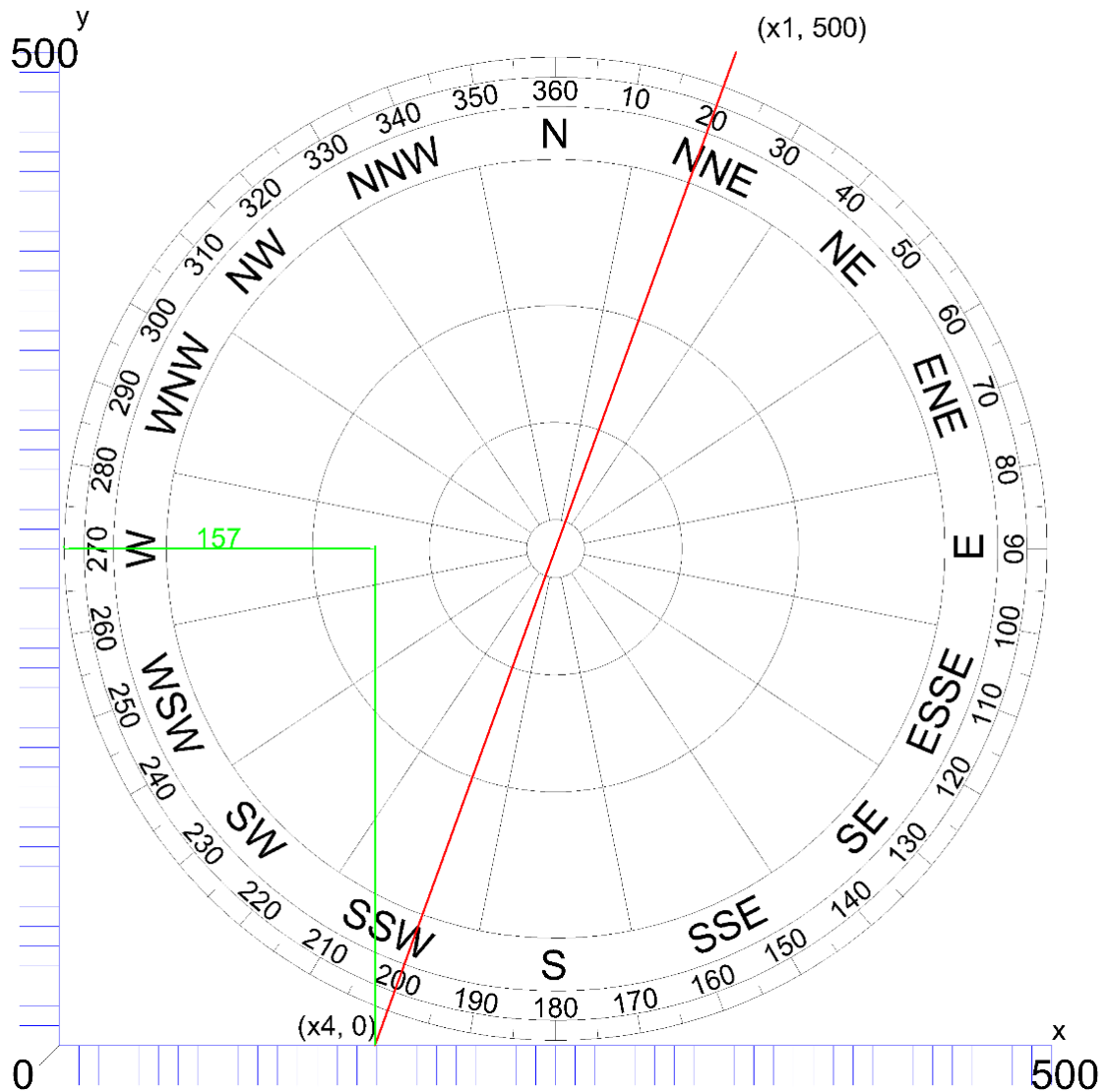


Fonte: ACERVO DO AUTOR

De semelhante forma pode-se encontrar a posição das retas auxiliares. Estas retas são perfeitamente paralelas a reta inicial e possuem sua distância baseada no valor do vento cruzado. Para traçá-las é necessário desenvolver outra lógica no canvas.

Ao adicionar 90° ao valor ângulo ótimo fornecido pelo programa tem-se o valor angular de uma reta ortogonal a reta original. Traçando esta reta no anemograma tem-se a situação ilustrada na Figura 3.8. Para uma ancoragem na posição implementa-se uma posição inicial no primeiro círculo, a 64 pixels de distância da origem (Figura 3.9). Esta ancoragem possui como propósito estabelecer um ponto de origem para a futura posição da reta.

Figura 3.7 - Distancia de x em relação a origem.

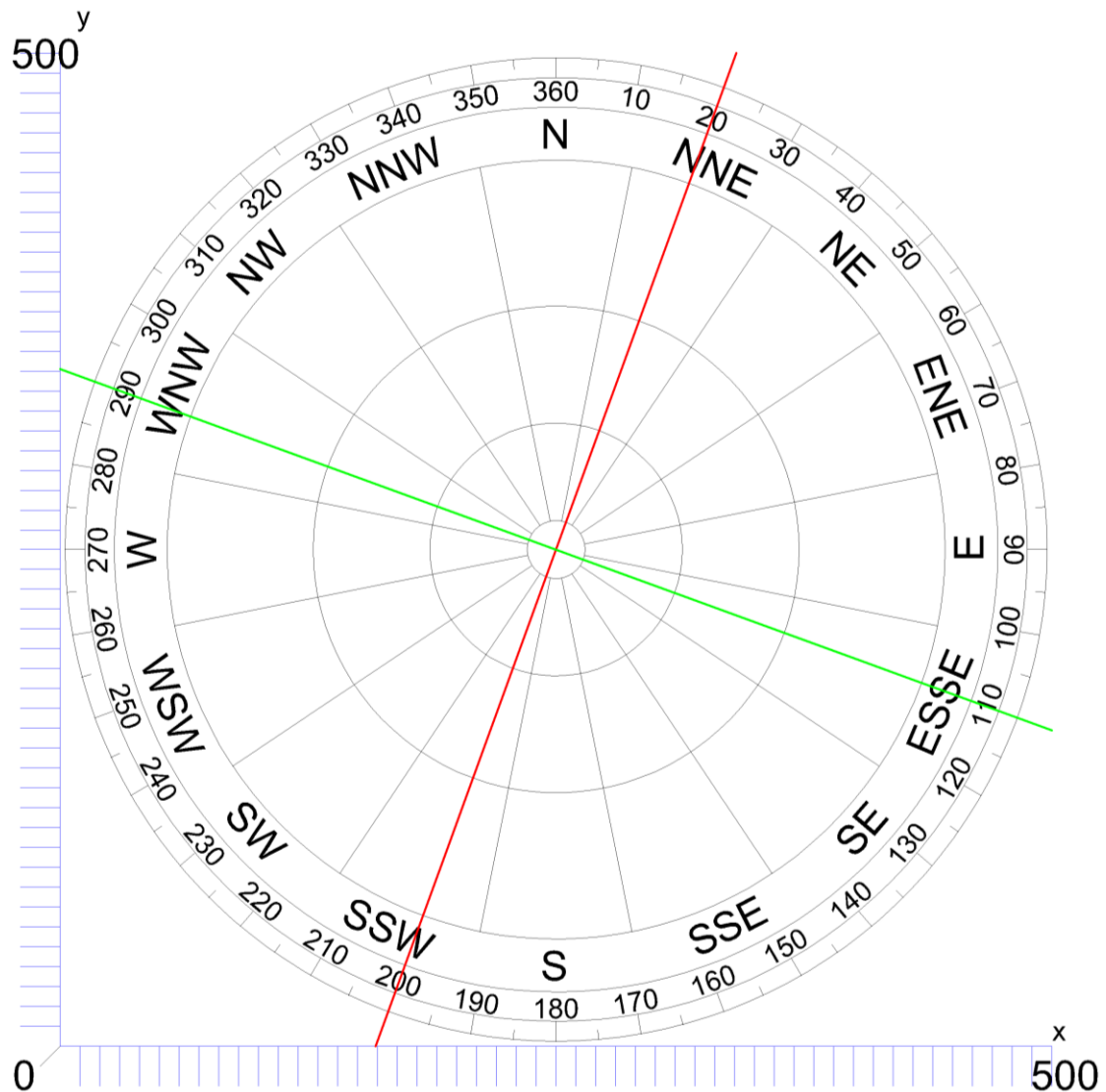


Fonte: ACERVO DO AUTOR

Entretanto, para que esta posição seja dinâmica é necessário estabelecer uma relação entre o valor inserido e a quantidade de pixels alterada no anemograma. Como a ancoragem inicial foi realizada na tangente do primeiro círculo, a 64 pixels de distância, foi atribuída a ela o valor de vento cruzado igual a 13. Logo, caso o usuário insira o valor 13 no campo de vento cruzado, é preciso que o programa retorne o valor de 64 pixels para o anemograma. Para tal, foi utilizada a Equação 3.3.

$$distancia = \left(\frac{64}{13}\right) \times Velocidade\ vento\ cruzado \quad (3.3)$$

Figura 3.8 – reta ortogonal a reta inicial.



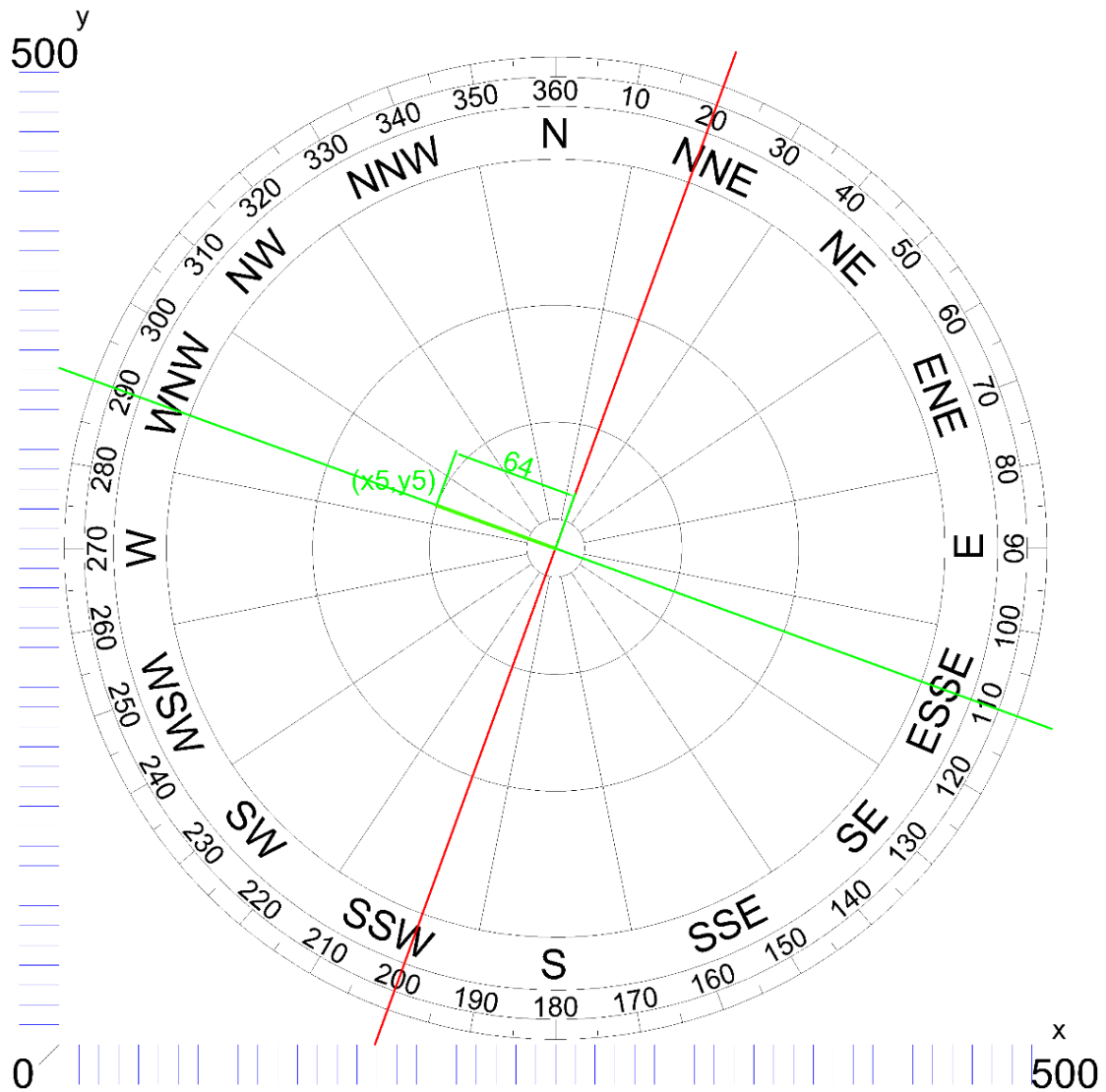
Fonte: ACERVO DO AUTOR

Com a Equação 3.3, todo valor de vento cruzado informado pelo usuário é convertido em pixels dentro do anemograma.

Retornando à linha ortogonal, é possível usá-la para traçar outro triângulo retângulo no anemograma. Entretanto, este possui hipotenusa definida, sendo sempre 64 pixels, que é o raio do círculo, pois independentemente da direção da reta, todos os triângulos criados a partir dela terão este valor em sua hipotenusa (Figura 3.10).

Entretanto, ainda é necessário saber o valor do ângulo entre esta linha ortogonal e o eixo vertical no centro do anemograma. Calculando o valor modular da subtração entre 180° e a angulação da linha ortogonal, tem-se o ângulo formado entre ambas.

Figura 3.9 - Distância do centro do anemograma até o primeiro círculo.



Fonte: ACERVO DO AUTOR

Logo, resta apenas encontrar a posição do ponto distante ao centro do anemograma. Para tal, faz-se necessário utilizar novamente conceitos trigonométricos. Utilizando o triângulo retângulo citado acima (Figura 3.10), é possível encontrar o valor de sua altura e largura por meio das funções seno (Equação 3.4) e cosseno (Equação 3.5).

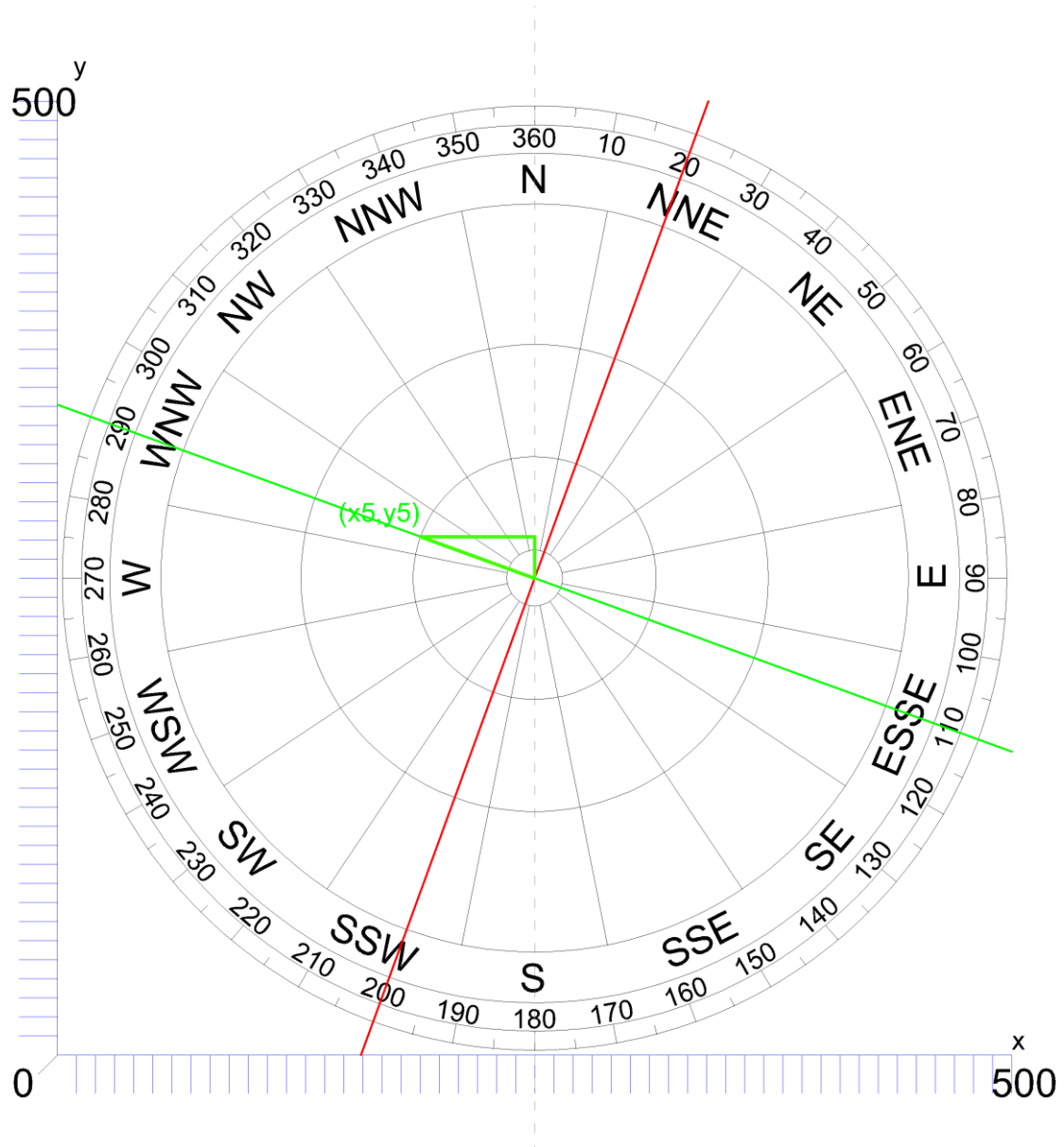
$$\text{seno}(x) = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{hipotenusa}} \quad (3.4)$$

$$\text{cateto oposto} = \text{seno}(x) \times \text{hipotenusa}$$

$$\text{cosseno}(x) = \frac{\text{cateto adjacente}}{\text{hipotenusa}} \quad (3.5)$$

$$\text{cateto adjacente} = \text{cosseno}(x) \times \text{hipotenusa}$$

Figura 3.10 - Posição a ser obtida no triângulo.



Fonte: ACERVO DO AUTOR

Com os valores oriundos das Equações 3.4 e 3.5 é possível definir a distância em x e y a ser adicionada ou subtraída aos dois pontos da reta principal para gerar as retas auxiliares, corretamente distantes da reta principal, de acordo com o valor inserido no campo vento cruzado (Figura 3.11).

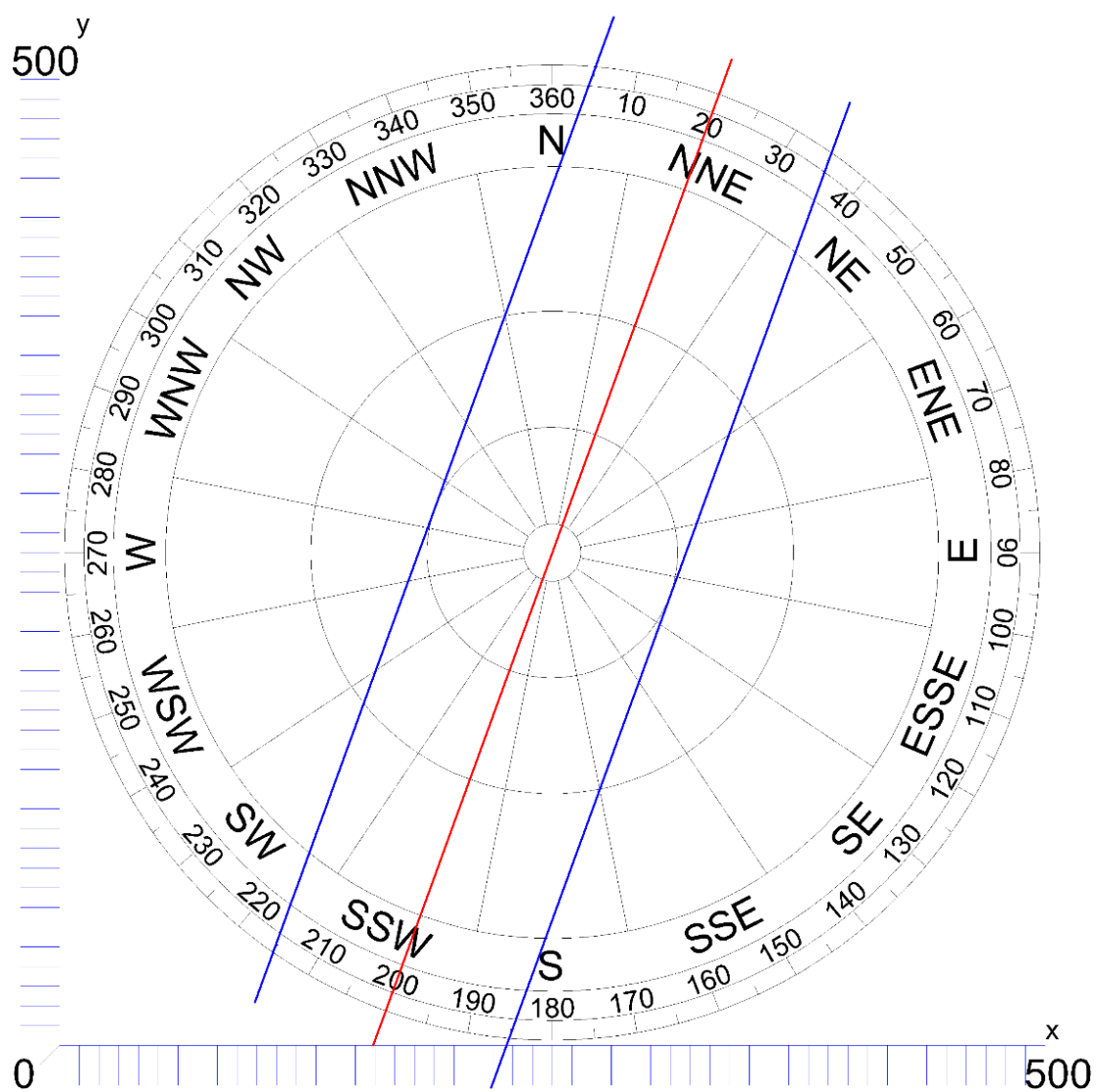
De forma análoga a operação é efetuada para a linha auxiliar inferior, exibindo ao usuário as 3 linhas necessárias (Figura 3.12). Encerra-se, dessa forma, as operações no canvas, assim como toda a execução do módulo de processamento.

3.2.3 Saída de dados

Volta-se, durante a execução do módulo de saída de dados, à tela gráfica. Localizado ao lado direito da tela, o painel de saída de dados informa ao usuário os resultados calculados pelo programa (Figura 3.13). Mais especificamente, localizada na parte superior do painel de saída, tem-se o resultado numérico do programa, ou seja, o valor do ângulo ótimo e seu respectivo Fator de Utilização. Abaixo deste encontra-se o anemograma, já indicando graficamente a direção ótima para a construção da pista, assim como a margem para o valor do vento cruzado. Finalmente, encerrando o módulo de saída de dados, localiza-se à extrema direita da tela a lista com todos os Fatores de Utilização, acompanhados de seus respectivos ângulos.

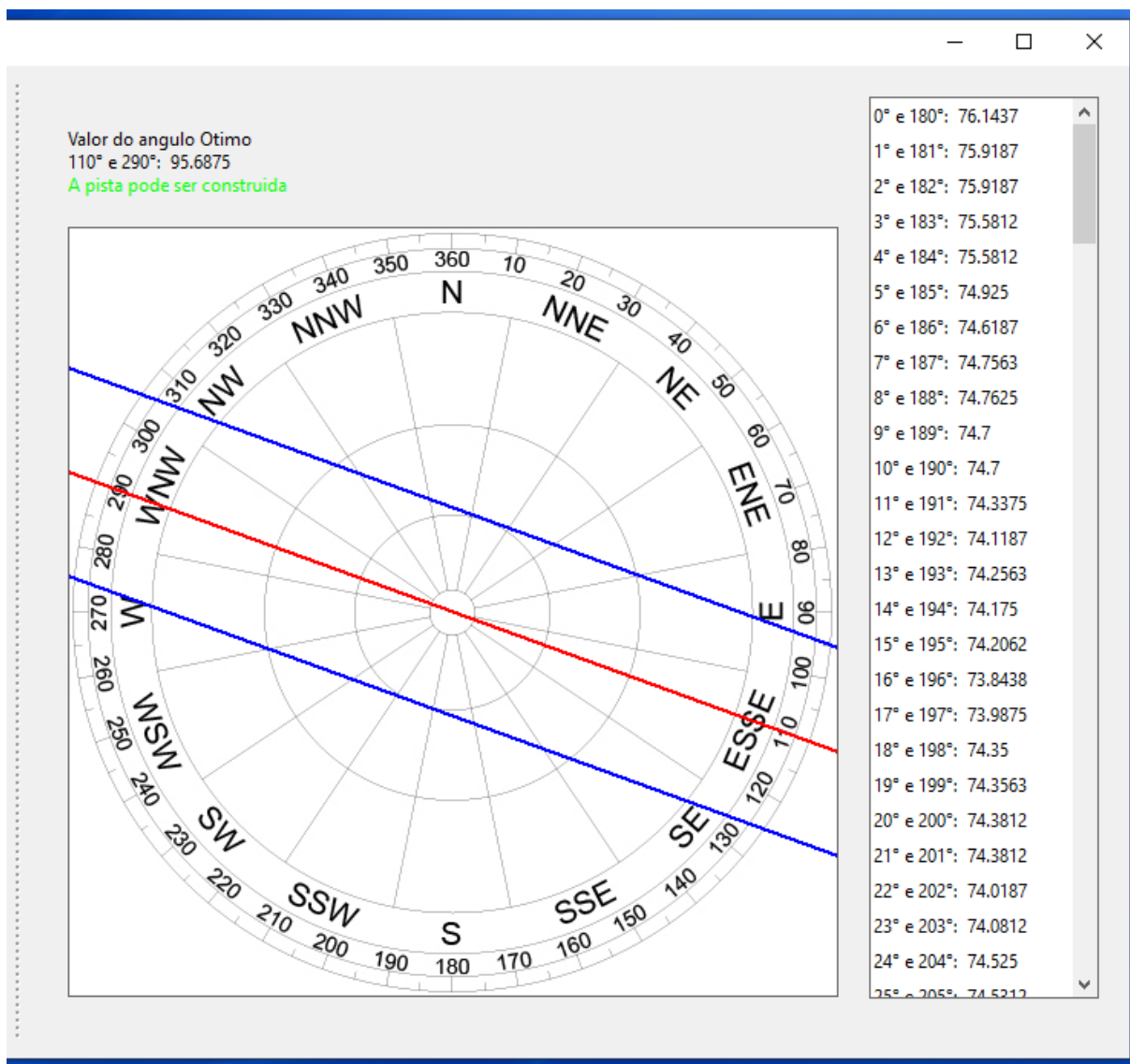
Por fim, resta ao usuário encerrar o programa, ou realizar alguma alteração nos dados de entrada e calcular novamente, podendo o mesmo repetir este processo quantas vezes julgar necessário.

Figura 3.12 - Linhas auxiliares corretamente posicionadas.



Fonte: ACERVO DO AUTOR

Figura 3.13 - Painel de saída de dados.



Fonte: ACERVO DO AUTOR

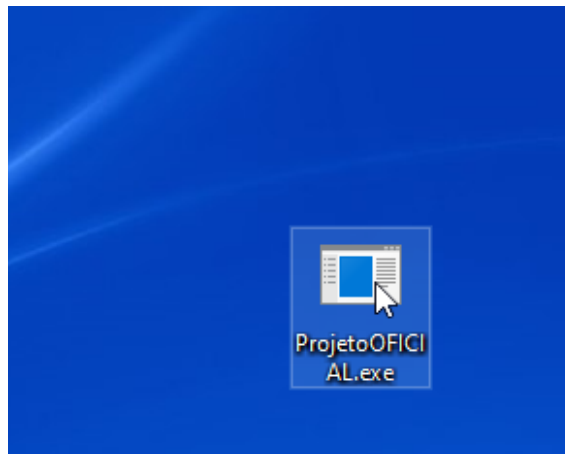
CAPÍTULO 4 RESULTADOS

Neste Capítulo são apresentadas as mudanças e aprimoramentos realizados no programa ANEMOCALC. Para tal, apresenta-se o mesmo em sua forma inicial, descrevendo como o usuário deve interagir com o programa para obter os resultados. Em seguida, apresenta-se o programa em sua forma atualizada, descrevendo como o mesmo processo se dá com a implementação da interface gráfica, tal como recursos adicionais implementados no mesmo.

4.1 O ANEMOCALC EM SUA VERSÃO ORIGINAL

Possuindo arquivo executável próprio, o ANEMOCALC é iniciado ao executar o ProjetoOFICIAL.exe (Figura 4.1).

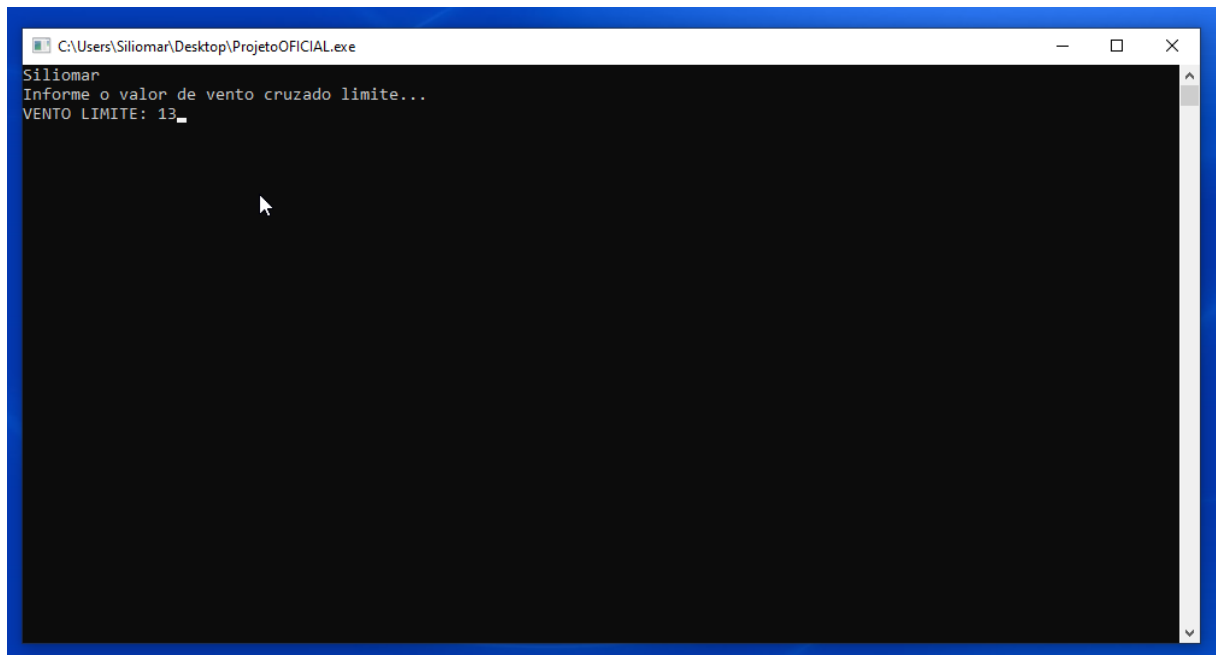
Figura 4.1 - Ícone do programa ANEMOCALC.



Fonte: ACERVO DO AUTOR

Inicialmente, o programa identifica o nome do computador aonde está sendo executado, e então solicita que o usuário informe o valor de vento cruzado limite. Para esta execução teste, informa-se o valor de 13 nós (Figura 4.2.)

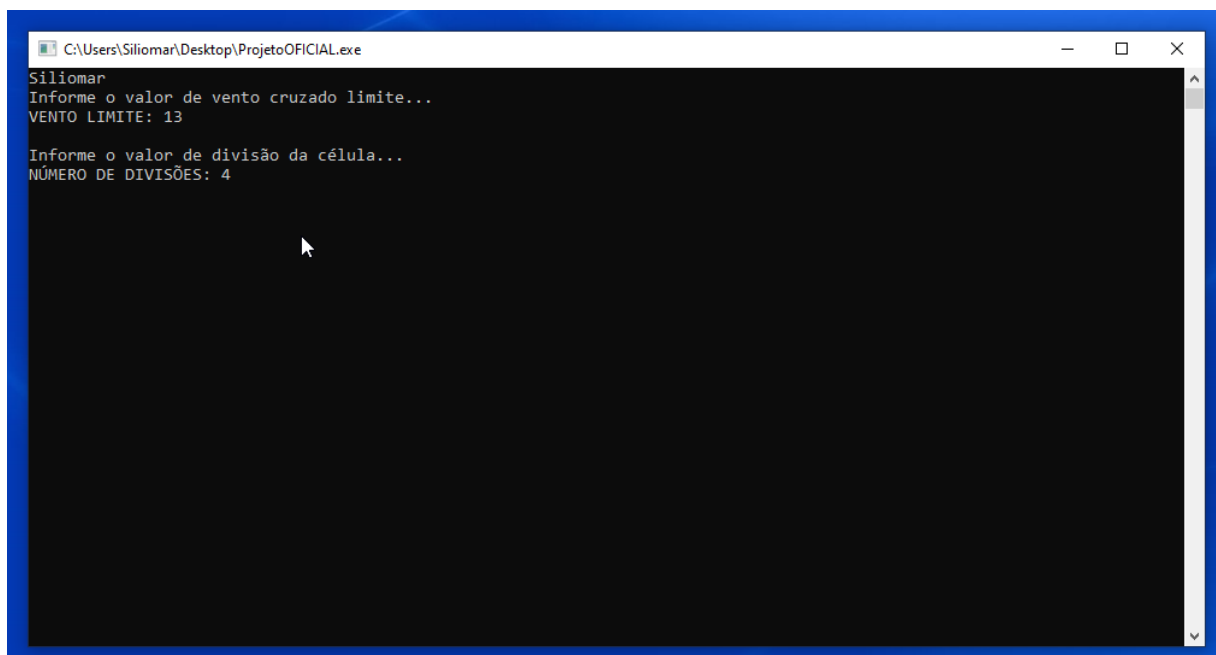
Figura 4.2 - Entrada do valor de vento limite



Fonte: ACERVO DO AUTOR

Em seguida, é solicitado que o usuário informe o valor de divisões da célula, em outros termos, a quantidade de grupos no qual os valores de ventos devem ser separados. Para a correta execução do código (Figura 4.3).

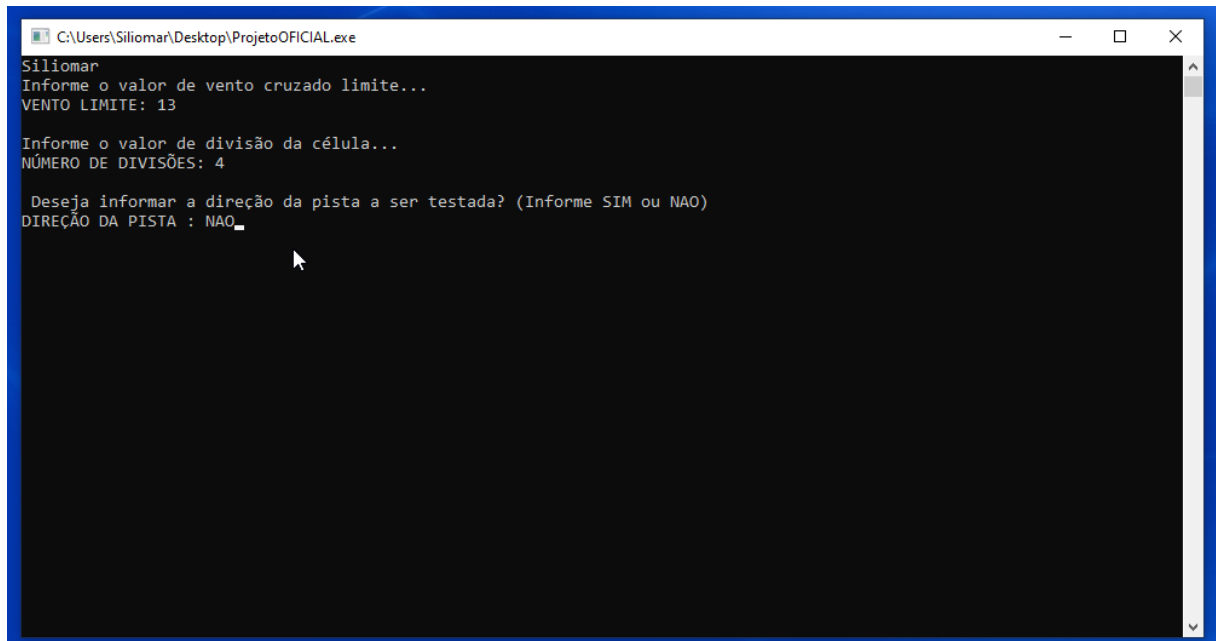
Figura 4.3 - Entrada do valor quantidade de grupos.



Fonte: ACERVO DO AUTOR

Prosseguindo com a utilização, o programa indaga ao usuário se ele gostaria de informar uma direção específica para ser testada. Buscando obter uma lista com todos os Fatores de Utilização e seus respectivos ângulos, informa-se ao programa a palavra “NAO” (Figura 4.4).

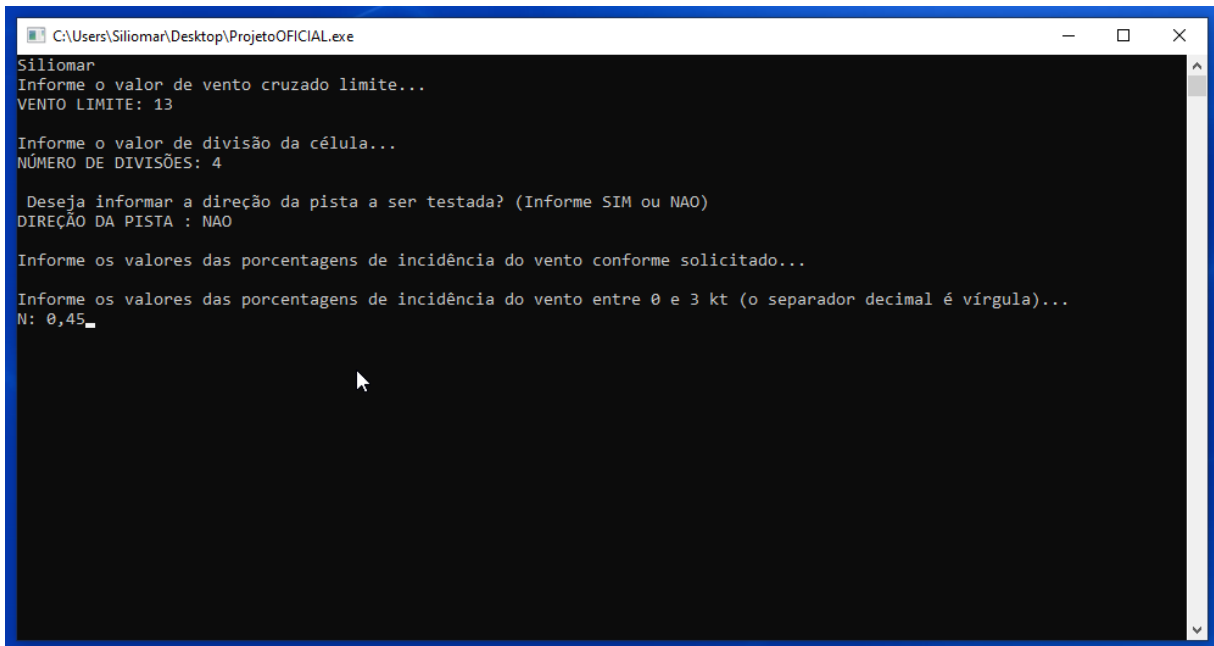
Figura 4.4 - Entrada do valor direção específica.



Fonte: ACERVO DO AUTOR

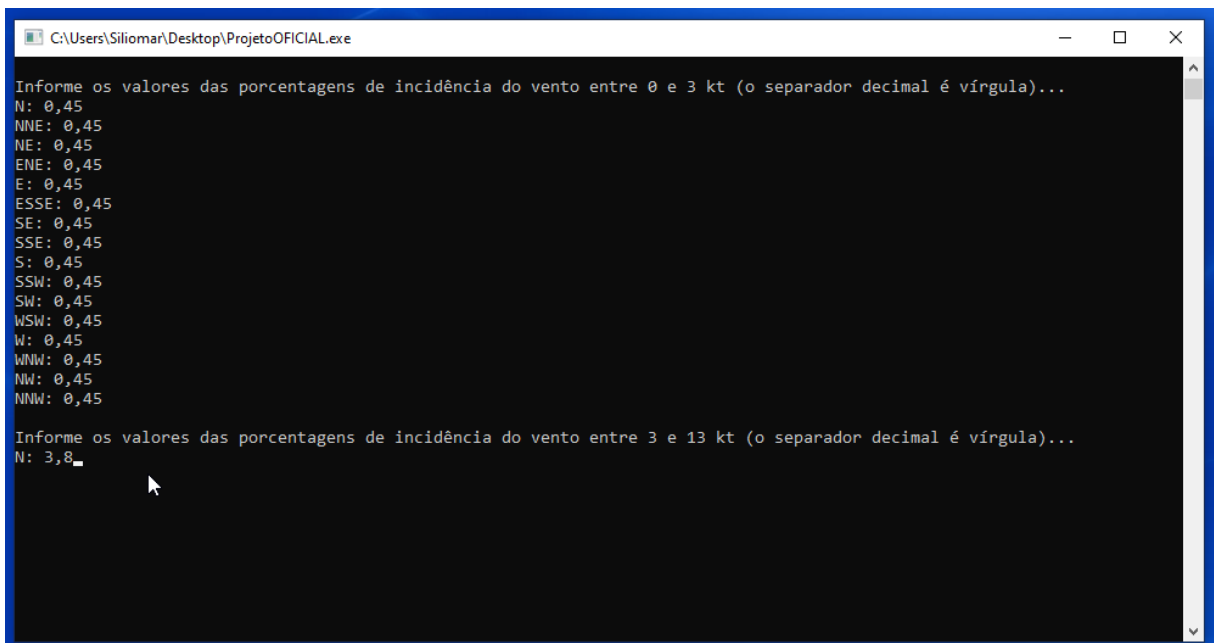
Finalmente, solicitando um valor por vez, o programa inicia a coleta das informações associadas com o regime de ventos. Inicialmente, o programa pergunta sobre todos os ventos do primeiro grupo (Figura 4.5). Uma vez preenchidos, o programa solicita os valores dos ventos pertencentes ao segundo grupo (Figura 4.6), seguido do terceiro, e do quarto, coletando assim, todos os valores necessários. Para esta execução, informa-se o conjunto de pontos já devidamente testado em versões anteriores do anemograma (Figura 4.7).

Figura 4.5 - Entrada dos valores para cada direção pertencente ao primeiro grupo de intensidade de ventos.



Fonte: ACERVO DO AUTOR

Figura 4.6 - Entrada dos valores para cada direção pertencente ao segundo grupo de intensidade de ventos.



Fonte: ACERVO DO AUTOR

Figura 4.7 - Valores de vento a serem inseridos no programa ANEMOCALC.

					0,45	3,8	0,3	0,0
					0,45	3,5	0,3	0,0
					0,45	2,0	0,1	0,0
					0,45	2,2	0,9	0,1
					0,45	4,7	2,3	0,1
					0,45	7,0	7,6	0,3
					0,45	6,9	3,2	0,1
					0,45	2,2	1,1	0,0
					0,45	1,5	0,3	0,0
					0,45	1,7	0,2	0,0
					0,45	3,8	0,8	0,1
					0,45	4,5	1,3	0,1
					0,45	7,5	4,8	0,3
					0,45	4,8	2,9	0,2
					0,45	4,2	2,6	0,2
					0,45	2,0	0,3	0,0

Fonte: ACERVO DO AUTOR

Uma vez completamente inseridos, o programa soma e exibe os resultados e valores inseridos, para que o usuário os analise e confirme (Figura 4.8). Caso o usuário perceba algum erro, e informe ao programa que os dados não foram inseridos corretamente, o mesmo informa o fim da execução, e encerra o programa (Figura 4.9), cabendo ao usuário executá-lo novamente, repetindo todos os passos anteriores, e inserindo corretamente os valores de vento.