



IGOR CARVALHO DE RESENDE

**SOFTWARE CLASSIFICADOR DE RISCO DE PÉ DIABÉTICO
PARA DIABÉTICOS**

LAVRAS – MG

2020

IGOR CARVALHO DE RESENDE

SOFTWARE CLASSIFICADOR DE RISCO DE PÉ DIABÉTICO PARA DIABÉTICOS

Relatório-Técnico apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências da Graduação em Engenharia de Controle e Automação, para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Controle e Automação.

Prof. DSc. Danton Diego Ferreira
Orientador

LAVRAS – MG

2020

**Ficha catalográfica elaborada pela Coordenadoria de Processos Técnicos
da Biblioteca Universitária da UFLA**

Resende, Igor Carvalho

Software Classificador de Risco de Pé Diabético para Diabéticos / Igor Carvalho de Resende. 2^a ed. rev., atual. e ampl. – Lavras : UFLA, 2020.

33 p. : il.

Relatório-Técnico(graduação)–Universidade Federal de Lavras, 2018.

Orientador: Prof. DSc. Danton Diego Ferreira.

Bibliografia.

1. TCC. 2. Monografia. 3. Dissertação. 4. Tese. 5. Trabalho Científico – Normas. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-808.066

IGOR CARVALHO DE RESENDE

SOFTWARE CLASSIFICADOR DE RISCO DE PÉ DIABÉTICO PARA DIABÉTICOS

Relatório-Técnico apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências da Graduação em Engenharia de Controle e Automação, para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Controle e Automação.

APROVADA em 19 de Agosto de 2020.

Prof. DSc. Danton Diego Ferreira	UFLA
Prof. DSc. Daniel Augusto Pereira	UFLA
Prof. MSc. Ana Cláudia Barbosa Honório Ferreira	Unilavras

Prof. DSc. Danton Diego Ferreira
Orientador

**LAVRAS – MG
2020**

Dedico esta monografia à minha querida avó Maria Teodora de Resende (in memoriam), cuja presença foi essencial na minha vida e que me ensinou como ser uma pessoa íntegra e ética.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a Deus por ter me mantido na trilha certa durante este projeto com saúde e forças para chegar até o final.

Sou grato à minha família pelo apoio que sempre me deram durante toda a minha vida.

Deixo um agradecimento especial ao meu orientador Danton Diego Ferreira pelo incentivo e pela dedicação do seu tempo ao meu projeto.

*É genial festejar o sucesso, mas é mais importante aprender com as lições do fracasso.
(Bill Gates)*

RESUMO

Diabetes mellitus é uma doença que quando não tratada adequadamente pode causar diversas complicações, dentre elas o pé diabético, o qual é a causa mais comum de amputação de membros inferiores. Esse trabalho teve como objetivo primário desenvolver softwares que aplique o modelo matemático baseado em RNA (Redes Neurais Artificiais) para classificar o risco de pessoas com diabetes desenvolver o pé diabético. Através de uma interface gráfica desenvolvida por meio da ferramenta gráfica GUI Matlab e através de uma linguagem de programação livre e multiplataforma como Python, os softwares visam contribuir na área da saúde auxiliando os profissionais com uma ferramenta ágil e intuitiva, apresentando resultado gráfico para o usuário após responder os itens requeridos durante a execução do programa.

Palavras-chave: Diabetes mellitus. Pé diabético. Redes Neurais Artificiais. RNA. GUI Matlab. Python. Software.

ABSTRACT

Diabetes mellitus is a disease that when not properly treated can cause several complications, including diabetic foot, which is the most common cause of amputation of lower limbs. This work is aimed to develop software that applies a mathematical model based on ANN (Artificial Neural Networks) to classify the risk of people with diabetics in developing the diabetic foot. Through a graphical interface developed through the graphical tool GUI Matlab and through a free and multiplatform programming language such as Python, the software aims to contribute in the health area by assisting professionals with an agile and intuitive tool, presenting a graphical result to the user after answering the required items during the execution of the program.

Keywords: Diabetes mellitus. Diabetic foot. Artificial neural networks. ANN. Matlab GUI. Python. Software.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Sintomas da Diabetes Tipo 1	13
Figura 2.2 – Sintomas da Diabetes Tipo 2	13
Figura 2.3 – Exemplo de uma Rede Neural Artificial	16
Figura 2.4 – SOM com tamanho 7x10	17
Figura 3.1 – Tela de Desenvolvimento GUI	18
Figura 3.2 – Tela de Desenvolvimento em Código	19
Figura 3.3 – Tela Inicial do Questionário	20
Figura 3.4 – Segunda Tela do Software em Python	21
Figura 3.5 – Terceira Tela do Software em Python	21
Figura 4.1 – Telas Múltipla Escolha do Questionário	22
Figura 4.2 – Telas Dados Pessoais	23
Figura 4.3 – Tela de Resultado	23
Figura 4.4 – Tela Final do Software	24
Figura 4.5 – Resultado Rede SOM	24
Figura 4.6 – Resultado Rede Competitiva	25
Figura 4.7 – Dados Respostas Salvas	25
Figura 4.8 – Respostas codificadas em Excel	26
Figura 4.9 – Relatório para Paciente	27

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	Contextualização e Motivação	9
1.2	Objetivos	10
1.3	Estrutura do Trabalho	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	<i>Diabetes mellitus</i>	12
2.1.1	Pé Diabético	14
2.2	Redes Neurais Artificiais	15
2.2.1	Self-Organizing Maps - SOM	16
3	METODOLOGIA	18
3.1	GUI MATLAB	18
3.2	Python	19
4	RESULTADOS	22
4.1	Produtos Alcançados	26
5	CONCLUSÃO	28
	REFERÊNCIAS	29
	APENDICE A – Questionário Base	31

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização e Motivação

Entre as doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), a diabetes mellitus (DM) distingue-se em um grupo heterogêneo de distúrbios metabólicos que se caracterizam pela hiperglicemia e decorrem de defeitos na ação e/ou na secreção da insulina. O aumento persistente da glicemia relaciona-se a complicações agudas ou crônicas no sistema cardiovascular, renal e neurológico, com elevadas taxas de hospitalizações e de mortalidade (OLIVEIRA; VENCIO, 2017).

A diabetes mellitus se refere a um transtorno metabólico de etiologias heterogêneas, caracterizado por hiperglicemia e distúrbios no metabolismo de carboidratos, proteínas e gorduras, resultantes de defeitos da secreção e/ou da ação da insulina. A DM vem aumentando sua importância pela sua crescente prevalência e habitualmente está associado à dislipidemia, à hipertensão arterial e à disfunção endotelial (ORGANIZATION et al., 2016).

Segundo a Federação Internacional de Diabetes (IDF), em 2017 a diabetes afetou 425 milhões de pessoas no mundo, o que representa um aumento de 10 milhões de pessoas atingidas pela doença em dois anos. Ressalta-se que o Brasil é o 4º na lista dos países entre os maiores portadores da doença com 12,5 milhões. E para 2045 estima-se que tenham 20,3 milhões de diabéticos no Brasil e 629 milhões no mundo. O Brasil também ocupa o 4º lugar entre os países com maior número de portadores que desconhecem seu diagnóstico da diabetes (ATLAS, 2017).

O DM é uma das principais causas de morbimortalidade em sociedades ocidentais e, apesar de políticas mundiais e reformas setoriais dos sistemas de saúde, o diabetes continua a representar um desafio para governos e sociedades, em razão da carga de sofrimento, incapacidade, perda de produtividade e morte prematura que provoca (ORGANIZATION et al., 2016).

No mundo foram 4 milhões de mortes por diabetes em 2017, na América do Sul e México foram quase 210 mil adultos entre 20 e 79 anos que morreram em decorrência da diabetes, número que representa 11% de todas as causas de morte; 44,9% dessas ocorreram em pessoas com menos de 60 anos. No Brasil, a doença causa mais de 72 mil mortes por ano em pessoas com mais de 30 anos o que significa 6% de todas as mortes (ATLAS, 2017).

Existem três tipos de diabetes: tipo 1, tipo 2 e gestacional. Na diabetes tipo 1 o sistema imunológico ataca as células dos pâncreas que produzem insulina e geralmente é diagnosticado na infância ou na adolescência. As pessoas que portam diabetes tipo 1 necessitam de administração diária de insulina. Com relação ao tipo 2 o organismo produz insulina e não consegue

utilizar o hormônio corretamente ou produz insulina insuficiente para controle da glicemia. Neste caso é mais comum em adultos geralmente devido à alimentação inadequada, falta de atividade física e obesidade. A diabetes gestacional ocorre quando os níveis de glicose no sangue aumentam, porém permanece abaixo do diagnóstico da diabetes durante a gestação.

Para efetividade no tratamento da diabetes o paciente deve fazer uso regular de medicamentos, controle da alimentação, prática de exercícios físicos, controle da glicemia e ter hábitos saudáveis, a fim de prevenir as várias complicações: retinopatia, doença renal, enfarte agudo do miocárdio, acidente vascular cerebral e amputações. A cada 30 segundos um membro inferior ou parte de um membro inferior é amputado em algum lugar do mundo devido à diabetes. A amputação é 10 a 20 vezes mais comum na população diabética do que naqueles que não são (ATLAS, 2017).

Doenças como *diabetes mellitus* necessitam de uma política de prevenção para educar os pacientes, principalmente os pacientes idosos, de classes mais baixas e de menor grau de escolaridade que possuem maiores dificuldades de acesso à informação e ao conhecimento sobre as doenças e como se prevenir. O diagnóstico precoce da enfermidade propicia aos profissionais de saúde condições de tratar o paciente com maior eficácia.

A tecnologia desenvolvida neste trabalho possibilita realizar pré-diagnósticos da complicação pé diabético, permitindo também aos profissionais de saúde terem acesso a uma maior quantidade de dados e encontrarem um método mais eficaz de prevenção e tratamento. Destaca-se também a melhoria na qualidade de vida das pessoas, uma vez que ao identificar precocemente é possível uma melhor intervenção para prevenção da complicação.

Ferreira, Fernandes e Ferreira (2018) propôs uma Rede Neural Artificial baseada em Mapas Auto-Organizáveis (Self-Organizing Maps) para classificar de uma forma não-invasiva o risco de desenvolvimento do pé diabético em portadores da diabetes mellitus. Ferreira et al. (2020) também propôs uma Rede Neural Artificial competitiva como método para identificar pacientes com alto risco em desenvolver o pé diabético. Os softwares desenvolvidos neste trabalho implementam esses modelos.

1.2 Objetivos

Este trabalho foi desenvolvido como relatório-técnico pois este modelo deve ser usado para casos de relatório de trabalhos de pesquisa ou extensão desenvolvidos durante a graduação e tem como objetivos:

- a) Desenvolver um software que aplique o modelo matemático que utiliza RNA proposto por Ferreira, Fernandes e Ferreira (2018) para classificar o risco de pessoas com diabetes desenvolverem o pé diabético.
- b) Desenvolver o software com uma interface gráfica por meio da ferramenta gráfica GUI Matlab para uso de profissionais de saúde.
- c) Desenvolver como alternativa um software através de uma linguagem de programação livre e multiplataforma como Python.
- d) Apresentar resultados em interface gráfica para o usuário após responder um questionário (Apêndice A) sobre hábitos e cuidados para com os pés requeridos durante a execução do programa.

1.3 Estrutura do Trabalho

O relatório-técnico é apresentado com a seguinte estrutura. No primeiro capítulo é apresentada a introdução com a contextualização, motivação do trabalho e os objetivos principais a serem alcançados. No Capítulo 2 o Referencial Teórico é apresentado, onde tem-se o estado da arte do pé diabético e são introduzidos os métodos usados no decorrer do relatório-técnico. No capítulo 3 é discorrido sobre as linguagens de programação utilizadas e o funcionamento dos softwares com a devida interface gráfica amigável ao usuário. Na quarta parte os resultados que os softwares apresentam após o término da coleta de dados são apresentados com a classificação de risco referente ao paciente. Por último no capítulo 5 são discutidas as conclusões a respeito do desenvolvimento e possíveis melhoras para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 *Diabetes mellitus*

A *diabetes mellitus* não é um distúrbio único e sua definição depende da perspectiva de cada um. Do ponto de vista médico, representa uma série de condições metabólicas associadas à hiperglicemia e causadas por insuficiência de insulina parcial ou total. A exposição à hiperglicemia crônica pode resultar em complicações microvasculares na retina, nos rins ou nos nervos periféricos. Embora estes sejam característicos da diabetes, eles não podem ser usados para definir o distúrbio porque eles demoram muito para se manifestarem (EGAN; DINNEEN, 2019).

A diabetes tipo 1 é causada por uma reação autoimune, em que o sistema imunológico do organismo ataca as células beta produtoras de insulina nas ilhotas da glândula pancreática. Como resultado, o corpo produz nenhuma ou muito pouca insulina, causando uma deficiência relativa ou absoluta de insulina. As causas desse processo destrutivo não são totalmente compreendidas, mas uma combinação de suscetibilidade genética e desencadeantes ambientais, como infecção viral, toxinas ou alguns fatores dietéticos, tem sido implicada. A doença pode se desenvolver em qualquer idade, mas a diabetes tipo 1 ocorre mais frequentemente em crianças e adolescentes. Pessoas com diabetes tipo 1 precisam de injeções diárias de insulina para manter um nível de lucidez na faixa adequada e sem insulina não seriam capazes de sobreviverem (ATLAS, 2017).

A figura 2.1 lista os principais sintomas da diabetes tipo 1 que ajudam a diagnosticá-la juntamente com o nível elevado de glicose no sangue: sede anormal e boca seca; urinação frequente; falta de energia, fadiga; fome constante; perda repentina de peso; enurese noturna; visão embaçada.

Na diabetes tipo 2, a hiperglicemia é o resultado de uma produção inadequada de insulina e incapacidade do organismo para responder totalmente à ela. Durante esse estado de resistência, a insulina é ineficaz e, portanto, inicialmente induz um aumento na sua produção para reduzir os níveis crescentes de glicose, mas ao longo do tempo um estado de produção inadequada pode se desenvolver. Diabetes tipo 2 é mais comumente visto em adultos mais velhos, mas é cada vez mais visto em crianças, adolescentes e adultos jovens devido ao aumento dos níveis de obesidade, inatividade física e má alimentação (ATLAS, 2017).

Figura 2.1 – Sintomas da Diabetes Tipo 1



Fonte: Atlas (2017)

A figura 2.2 lista os principais sintomas da diabetes tipo 2 que podem ser similares ao da diabetes tipo 1: sede excessiva e boca seca; urinação frequente e abundante; perda de energia, cansaço extremo; formigamento ou dormência nas mãos e pés; infecções fúngicas recorrentes na pele; feridas de cicatrização lenta; visão embaçada.

Figura 2.2 – Sintomas da Diabetes Tipo 2



Fonte: Atlas (2017)

A hiperglicemia que é detectada pela primeira vez durante a gravidez é classificada como *diabetes mellitus* gestacional (DMG) ou hiperglicemia na gravidez. Mulheres com níveis de glicose no sangue levemente elevados são classificadas como portadoras de DMG e mulheres com níveis de glicose no sangue essencialmente elevados são classificadas como mulheres com

hiperglicemia na gravidez. Estima-se que a maioria (75-90%) dos casos de glicemia alta durante a gravidez são diabetes gestacional (WINELL et al., 2011).

Mulheres com hiperglicemia detectada durante a gravidez têm maior risco de resultados adversos na gravidez. Estes incluem pressão alta e um bebê grande para a idade gestacional, uma condição chamada macrosomia fetal, que pode tornar o parto normal difícil e arriscado. A identificação de hiperglicemia na gravidez, combinada com um bom controle da glicemia durante a gravidez, pode reduzir esses riscos (ATLAS, 2017).

2.1.1 Pé Diabético

Pé diabético é um estado fisiopatológico multifacetado, identificado por lesões que ocorrem nos pés do indivíduo com diabetes e que surgem em decorrência de neuropatia, na maioria dos episódios, além das enfermidades vasculares periféricas e de deformidades. Elas podem ser o resultado de traumas que se complicam, chegando ao estágio de gangrena e infecção ocorridas por falhas no processo de cicatrização, que podem ter como efeito a amputação (VARGAS et al., 2017).

Em geral, os pacientes procuram o hospital devido a ulcerações ou necrose secundárias ao trauma trivial não doloroso. O fato mais importante da neuropatia periférica sobre o pé diabético é a perda da sensibilidade, que o torna vulnerável aos traumas triviais, é porta de entrada das bactérias, e ocasiona infecções silenciosas e graves, caso não sejam tratadas precocemente (BRASILEIRO et al., 2005).

As lesões do pé diabético resultam da combinação de dois ou mais fatores de risco que atuam concomitantemente e podem ser desencadeadas, tanto por traumas intrínsecos como extrínsecos, associados à neuropatia periférica, à doença vascular periférica e à alteração biomecânica (PEDROSA, 2001).

Uma avaliação recente de 785 milhões de consultas ambulatoriais por pessoas com diabetes nos Estados Unidos entre 2007 e 2013 sugeriu que as úlceras do pé diabético e infecções associadas constituem um poderoso fator de risco para visitas ao departamento de emergência e admissão hospitalar (SKREPNEK et al., 2017).

O diabetes e suas morbidades associadas são uma preocupação crescente em todo o mundo. Uma grande ênfase é colocada no salvamento de membros em pacientes diabéticos que sofrem de ulceração de membros inferiores. Isso reconhece o impacto da amputação na mudança de vida desses pacientes. Esses esforços também são em parte estimulados pela im-

pressão de que a amputação em tais pacientes pode ser uma causa proximal de morte. Nos EUA por exemplo, as taxas de mortalidade em 5 anos após a ulceração foram em torno de 40%. Os fatores de risco comumente identificados como associados à morte incluem aumento da idade, sexo masculino, DVP (Doença Vascular Periférica) e doença renal (JUPITER et al., 2016).

Por outro lado, está bem estabelecido que 85% dos problemas decorrentes do pé diabético são passíveis de prevenção, a partir dos cuidados especializados. Há recomendações para prevenção e intervenção adequadas, que incluem o reconhecimento dos fatores de risco, como neuropatia diabética, doença arterial periférica e deformidades estruturais, mediante tecnologia leve e média leve (PEDROSA, 2001).

2.2 Redes Neurais Artificiais

As redes neurais artificiais (RNA) são vistas como modelos paramétricos não-lineares, ou seja, são modelos que possuem apenas um número finito de parâmetros e que a relação das variáveis não são representadas por uma linha reta. Uma potencial desvantagem das redes neurais, para área médica, é que os parâmetros (pesos sinápticos) não têm uma interpretação imediata, exigindo análise adicional para se compreender a forma com que a informação é extraída. Entretanto, esta metodologia possui a vantagem de detectar implicitamente qualquer relação não-linear entre a variável resposta e as variáveis explicativas (SCHWARZER; VACH; SCHUMACHER, 2000).

O processamento neural é capaz de extrair relações das variáveis de entrada diretamente sobre os espaços de dimensão elevada que tipicamente as caracterizam, tornando tal processamento uma ferramenta valiosa em problemas complexos de reconhecimento de padrões. Por outro lado, redes neurais podem trabalhar em conjunto com outras técnicas de processamento, permitindo que se utilize o conhecimento acumulado em uma determinada área de aplicação (LITTMAN, 1994).

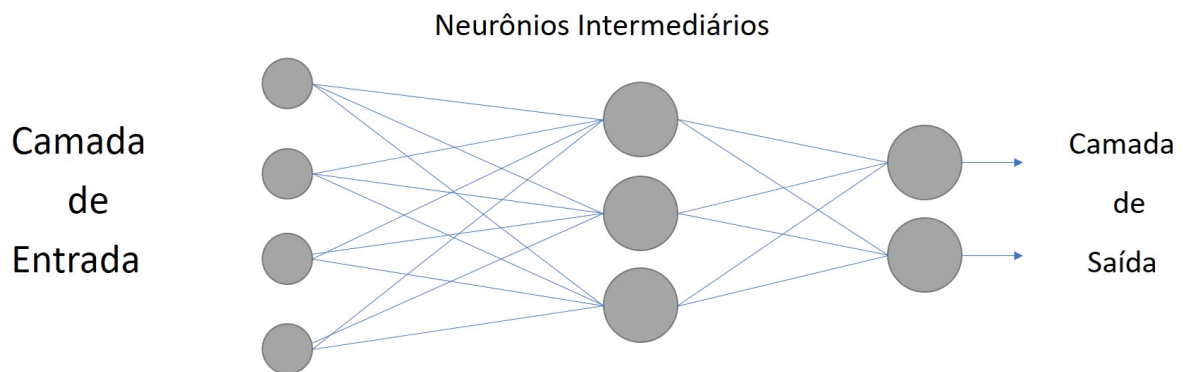
Portanto, os dados podem ser pré-processados, identificando-se a informação relevante à tarefa de processamento de interesse, e a rede neural irá operar sobre esta informação qualificada, ao invés de trabalhar com os dados brutos. Desta maneira, evitam-se modelos neurais de alta complexidade, que normalmente são poucos práticos (MEDEIROS; TERÄSVIRTA; RECH, 2006).

A ideia básica subjacente ao paradigma das redes neurais é construir um modelo composto por um grande número de unidades de processamento muito simples, que são chamadas

de neurônios, com um grande número de conexões entre eles. O processamento básico de informação da rede ocorre nos neurônios. A informação entre os neurônios é transmitida através de conexões denominadas sinapses. A figura 2.3 exemplifica o funcionamento de uma rede neural artificial (SANTOS et al., 2005).

A capacidade de aprender através de exemplos e de generalizar a informação aprendida representam, sem dúvida, atributos importantes para a escolha de uma solução neural de problemas diversos. A generalização – associada à capacidade da rede de aprender através de um conjunto de exemplos, representativo do problema que se pretende estudar, e, posteriormente, fornecer respostas coerentes para dados não apresentados anteriormente – é uma demonstração de que a capacidade das RNA vai muito além de mapear relações de entrada e saída. As RNA são capazes de extrair informações não apresentadas de forma explícita através dos exemplos (BRAGA; CARVALHO; LUDEMIR, 1998).

Figura 2.3 – Exemplo de uma Rede Neural Artificial



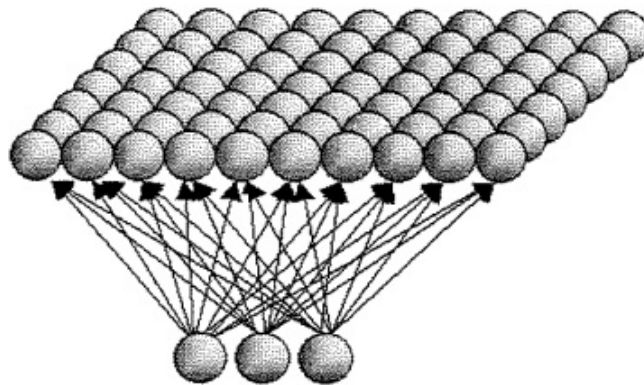
2.2.1 Self-Organizing Maps - SOM

O mapa auto-organizável de Kohonen (SOM) é um tipo de rede neural artificial baseada em aprendizado competitivo e não supervisionado, onde o aprendizado competitivo é uma técnica de agrupamento de dados (clustering), sendo capaz de mapear um conjunto de dados, de um espaço de entrada, em um conjunto finito de neurônios organizados em um arranjo geralmente unidimensional ou bidimensional. As relações de similaridade entre os neurônios (e por extensão, entre os dados) podem ser observadas através das relações estabelecidas entre os vetores de pesos dos neurônios (KOHONEN, 1982).

SOM é um tipo de sistema de aprendizagem não supervisionado nas redes neurais artificiais (RNA). O treinamento do SOM é inteiramente orientado por dados, sem resultados de destino para os vetores de dados de entrada fornecidos. SOM fornece mapeamento de preservação de topologia de um espaço de alta dimensão em um plano bidimensional para servir como uma ferramenta de análise de cluster para reduzir as dimensões (KOHONEN, 2013).

Dessa forma, a rede SOM realiza uma projeção não linear do espaço de dados de entrada, para o espaço de dados do arranjo. Ao realizar esta projeção não linear, o algoritmo tenta preservar ao máximo a topologia do espaço original, ou seja, procura fazer com que neurônios vizinhos no arranjo apresentem vetores de pesos que retratem as relações de vizinhança entre os dados. Para isso, os neurônios competem para representar cada dado, e o neurônio vencedor tem seu vetor de pesos ajustados na direção do dado. Esta redução de dimensionalidade com preservação topológica permite ampliar a capacidade de análise de agrupamentos dos dados pertencentes a espaços de elevada dimensão. Um exemplo de SOM está na figura 2.4 que possui entrada com dimensionalidade $p=3$ (ZUCHINI et al., 2003).

Figura 2.4 – SOM com tamanho 7x10



Fonte: Costa et al. (1999)

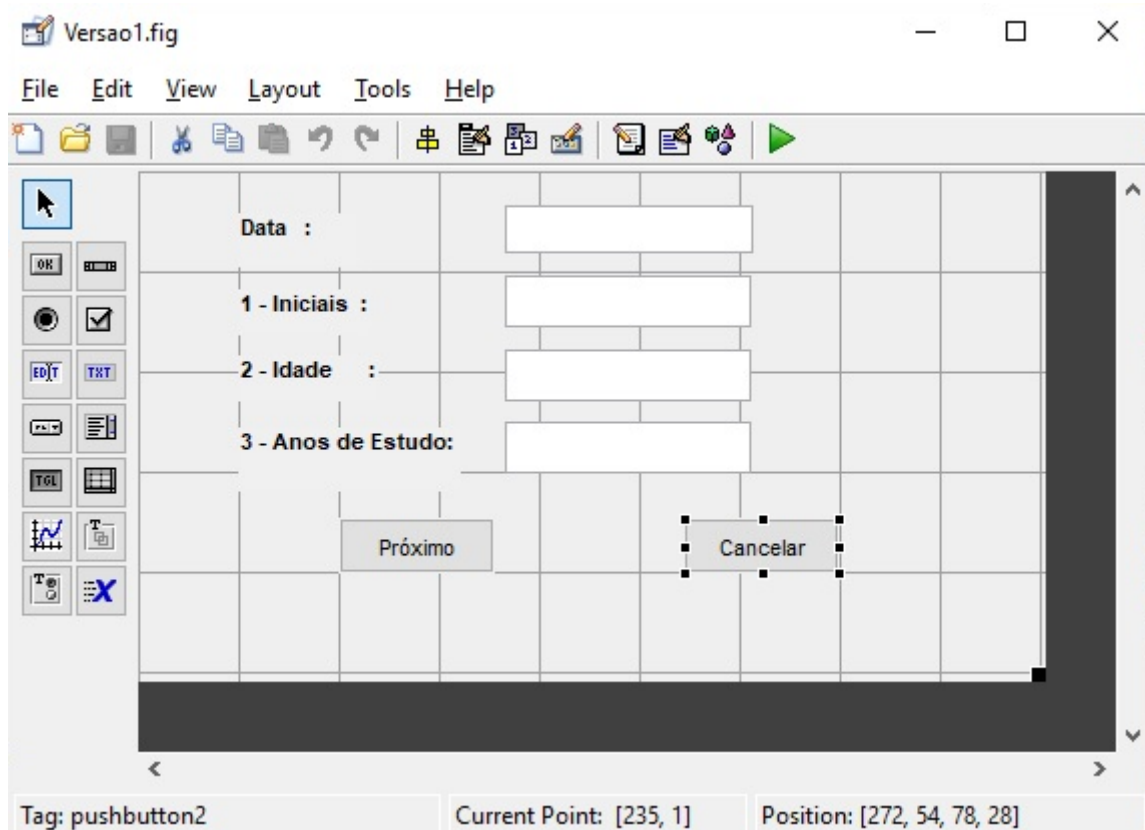
3 METODOLOGIA

Foram desenvolvidos dois softwares alternativos para classificar o risco de desenvolver pé diabético usando duas linguagens distintas: MATLAB GUI e Python. O primeiro foi registrado como Diabetic Foot Screening e o segundo CARPeDia. Este foi desenvolvido em linguagem livre para que seu uso seja facilitado para os usuários do software. As seções seguintes apresentam em detalhes as etapas de desenvolvimento dos softwares.

3.1 GUI MATLAB

GUIDE MATLAB é uma toolbox do software MATLAB muito poderosa que permite criar uma interface gráfica amigável para o usuário através de sua própria interface gráfica conforme na figura 3.1. Esta interface gráfica denominada GUI (Graphical User Interface) é importante pois facilita a inserção de objetos na tela e sua organização bem como personalização do visual.

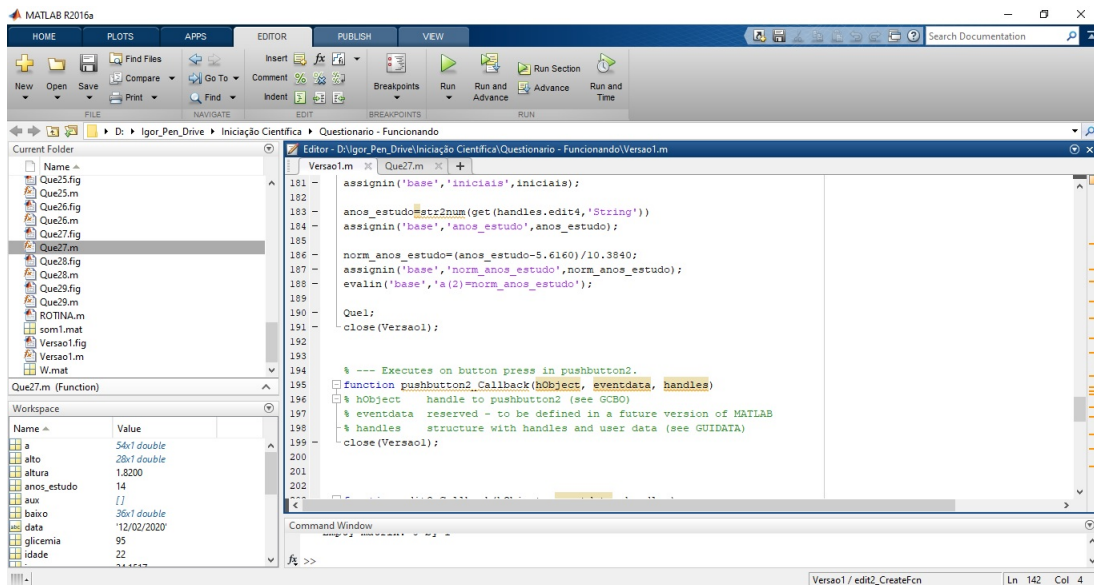
Figura 3.1 – Tela de Desenvolvimento GUI



Fonte: MATLAB®

Para cada tela gráfica gerada no GUI há dois arquivos criados, um para a interface gráfica e outro arquivo em linguagem de programação do MATLAB definida basicamente em programação orientada a objetos.

Figura 3.2 – Tela de Desenvolvimento em Código



Fonte: MATLAB®

A programação MATLAB oferece vantagens por ser uma linguagem de sintaxe simples, desestruturada conforme figura 3.2, na qual constata-se a programação procedural, ou seja, as rotinas, subrotinas, métodos, ou funções a serem executados pelo programa, com uso despreocupado de memória. É utilizada para tratamento, visualização e armazenamento de dados. O MATLAB é amplamente utilizado para cálculos com vetores e matrizes.

Por outro lado como desvantagem destaca-se a exigência de muita memória pelo MATLAB na execução de tarefas complexas, causando lentidão na execução do programa. Outra desvantagem é por ser um software proprietário, sendo uma plataforma não acessível financeiramente a todos e não disponibilidade da toolbox GUI em todos os sistemas operacionais.

No desenvolvimento do software Diabetic Foot Screening, as limitações do software no desenvolvimento foram com relação ao tamanho da janela e como consequência não poder utilizar uma quantidade menor de janelas durante o questionário.

3.2 Python

Para o desenvolvimento de um segundo software como alternativa livre ao primeiro, foi utilizada a linguagem de programação Python, por ser uma linguagem livre e multiplataforma.

Nesta linguagem há uma gama maior de possibilidades para o programador nas customizações da interface gráfica e no que se refere a manipulações de arquivo.

No desenvolvimento em Python foi utilizado o framework Tkinter, uma biblioteca da linguagem Python que permite desenvolver interfaces gráficas. Suas vantagens são a facilidade de uso, recursos disponíveis e por ser nativo da linguagem.

Figura 3.3 – Tela Inicial do Questionário

Fonte: CARPeDia®

Também destacam-se como vantagens dessa interface a sua portabilidade, pois programas desenvolvidos usando Tkinter são portáveis entre Linux, Unix, Mac e Windows. Possui também uma API (Application Programming Interface) que facilita o aprendizado e memorização. E por fim é bem documentado, com inúmeras referências para consulta. Para exemplificar essa interface desenvolvida tem-se as figuras 3.3, 3.4, 3.5 e 3.5.

Entretanto, Tkinter apresenta algumas desvantagens como a falta de alguns componentes úteis como combobox (elemento gráfico que apresenta uma lista em texto), embora seu recurso Text (elemento gráfico que permite inserção de texto) ter uma boa manipulação de funções.

Figura 3.4 – Segunda Tela do Software em Python

Diabetic Foot Screening - Parte 2

15 - Você pratica alguma atividade física? Não

16 - Você é fumante? Sim Não Quantos cigarros por semana?

17 - Você toma bebida alcóolica? Sim Não Quantas vezes por semana?

18 - Você toma remédio para pressão alta? Sim Não

19 - Você tem algum problema de circulação nas pernas? Sim Não

20 - Você já sentiu alguma vez perda de sensibilidade nos pés? Sim Não

21 - Você tem/teve bolha nos pés? Sim Não

22 - Você tem/teve rachadura nos pés? Sim Não

23 - Você tem/teve micose/frieira nos pés? Sim Não

24 - Você sente formigamento nas pernas e pés? Sim Não

25 - Você sente dormência nas pernas e pés? Sim Não

26 - Você sente queimação nas pernas e pés? Sim Não

27 - Você sente choques nas pernas e pés? Sim Não

28 - Você sente dor nas pernas e pés? Sim Não

29 - Você sente pontada nas pernas e pés? Sim Não

30 - Você já percebeu alguma diferença nos ossos dos pés? Sim Não

31 - Você tem joanete? Sim Não

32 - Você percebe se os pés ficam quentes e avermelhados? Sim Não

Avançar Voltar

Fonte: CARPeDia®

Além disso, a vantagem da portabilidade tem como consequência uma aparência limitada pois a biblioteca tem suas próprias funções para desenhar os componentes e o visual, então, não é moderno.

Figura 3.5 – Terceira Tela do Software em Python

Diabetic Foot Screening - Parte 3

33 - Você percebe se os pés ficam inchados? Sim Não

34 - Você tem dificuldade para enxergar, ler? Sim Não

35 - Você pratica atividade intensa como andar por muito tempo ou ficar de pé por muito tempo? Sim Não

36 - Você tem o hábito de examinar os pés? Não

37 - Como suas unhas são cortadas?

38 - Você possui o hábito de retirar as cutículas dos pés? Sim Não

39 - Você tem/teve unhas dos pés encravadas? Sim Não

40 - Você tem o hábito de lavar os pés usando água e sabão e esfrega? Sim Não

41 - Você costuma enxugar entre os dedos todas as vezes que os pés ficam molhados? Sim Não

42 - Você costuma passar creme hidratante nos pés? Não

43 - Você tem calos e/ou já teve? Se tem/teve o que usa para remover calos?

44 - Você usa ou já usou bolsa de água quente nos pés e/ou mergulhou seus pés em água quente? Sim Não

45 - Que tipo de calçado você costuma usar?

46 - Você verifica o calçado por dentro antes de usá-lo? Sim Não

47 - Em relação ao material do calçado, qual você mais usa?

Avançar Voltar

Fonte: CARPeDia®

4 RESULTADOS

O software Diabetic Foot Screening possui uma interface no formato de questionário com a maioria das perguntas em múltipla escolha referentes ao diversos hábitos e características do indivíduo como mostrado na figura 4.1.

Figura 4.1 – Telas Múltipla Escolha do Questionário

The figure displays two screenshots of the Diabetic Foot Screening questionnaire interface. The top screenshot, titled 'Que10', shows questions 18 through 23 with radio button options for 'Sim' and 'Não'. The bottom screenshot, titled 'Que27', shows questions 53 through 55 with radio button options for 'Sim' and 'Não', and a group of four options for question 53.

Que10

18 - Você toma remédio para pressão alta? Sim Não

19 - Você tem algum problema de circulação nas pernas? Sim Não

20 - Você já sentiu alguma vez perda de sensibilidade nos pés? Sim Não

21 - Você tem/teve bolha nos pés? Sim Não

22 - Você tem/teve rachadura nos pés? Sim Não

23 - Você tem/teve micose/frieira nos pés? Sim Não

Próxima Cancelar

Que27

53 - Se você percebe alguma alteração nos pés, qual é seu comportamento?

Procura médico/enfermeiro usa medicação (pomada, creme)

coloca os pés para cima não faz nada, espera a evolução

54 - Você tem/teve alguma ferida e/ou machucado nos pés?

Sim Não

55 - Presença de amputação?

Sim Não

Finalizar Cancelar

Fonte: Diabetic Foot Screening®

Nas figuras a seguir pode-se observar o processo de preenchimento de questões e informações pessoais como na figura 4.2, bem como as questões de múltiplas escolhas demonstrado na figura 4.1.

Ao finalizar o questionário, os dados obtidos de acordo com cada resposta são enviados para a rede neural SOM. Esta estima se o risco é alto ou baixo de uma pessoa desenvolver o pé diabético, exibindo a classificação (risco alto ou risco baixo) em uma tela conforme figura 4.3.

O software CARPeDia desenvolvido na linguagem Python possui as mesmas características em relação ao primeiro referente ao questionário e na implementação da rede SOM,

Figura 4.2 – Telas Dados Pessoais

Fonte: Diabetic Foot Screening®

Figura 4.3 – Tela de Resultado

Fonte: Diabetic Foot Screening®

contudo utiliza menos janelas para torná-lo mais amigável ao usuário sem necessidade de inúmeras janelas.

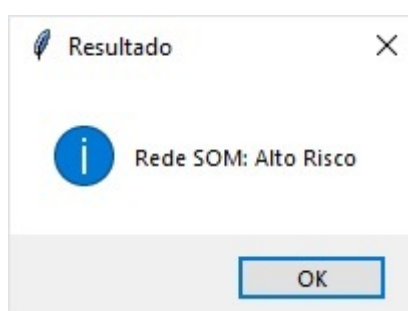
Na tela final mostrada na figura 4.4, após o término das respostas para as questões o programa oferece alguns recursos úteis para o usuário como salvar dados no formato texto ou salvar o vetor de entrada em formato .csv, os quais podem ser visualizados na figura 4.4.

Figura 4.4 – Tela Final do Software

Fonte: CARPeDia®

Após o preenchimento das perguntas pelo usuário, tem-se três opções de botões: exibir o resultado da classificação, salvar os dados das respostas do paciente em questão em um arquivo no formato texto (.txt) em um local a ser determinado de acordo com a preferência do usuário do software, e a opção de salvar os dados das respostas de forma codificada no formato .csv, formato este compatível com Excel.

Figura 4.5 – Resultado Rede SOM

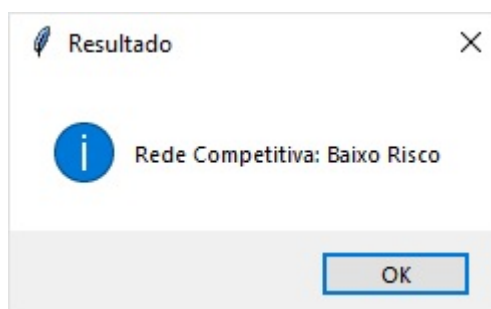


Fonte: CARPeDia®

Nesse software, ao optar por ver o resultado, os dados obtidos de acordo com cada resposta são enviados para a rede Self-Organizing Maps (SOM) e para uma rede competitiva. Estas estimam se o risco é alto ou baixo de uma pessoa desenvolver o pé diabético, exibindo em uma tela conforme figuras 4.5 e 4.6 e podendo salvar a critério do usuário em arquivo.

Em caso de escolha em salvar dados texto, o software permitirá selecionar um local no computador de preferência do usuário para salvar um arquivo formato .txt com a visualização

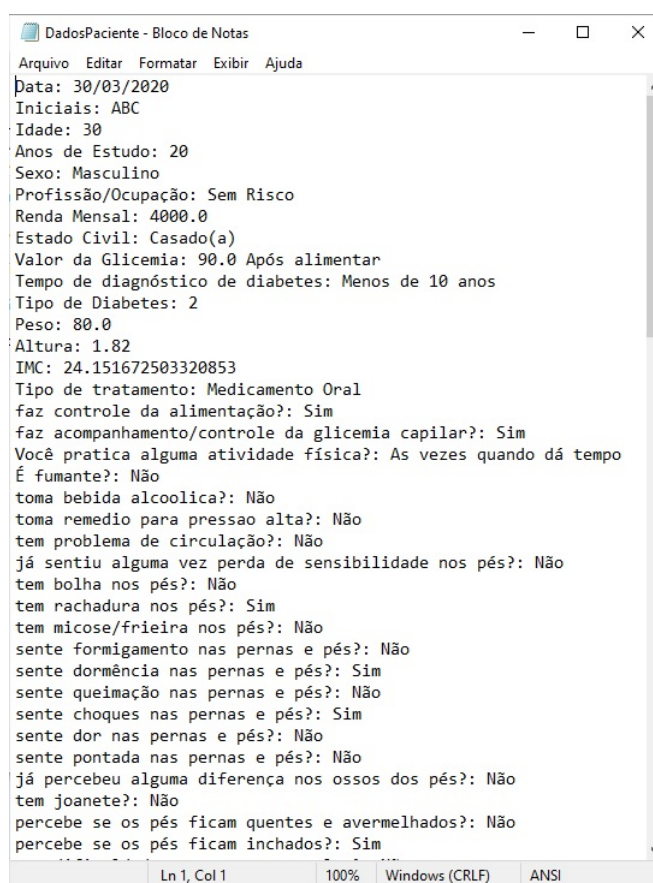
Figura 4.6 – Resultado Rede Competitiva



Fonte: CARPeDia®

de cada pergunta e sua respectiva resposta em cada linha de acordo com a figura 4.7. É um arquivo texto que pode ser aberto em bloco de notas ou Wordpad se o sistema operacional for Windows, ou em qualquer outro sistema operacional com o leitor padrão de arquivos .txt.

Figura 4.7 – Dados Respostas Salvas



Fonte: CARPeDia®

Na opção salvar dados vetor, o programa salvará em formato .csv, executável no programa Microsoft Excel, as respostas por paciente em coluna conforme figura 4.8. Essa opção

pode ajudar a mesclar várias pacientes em um arquivo e assim gerar histogramas e gráficos para analisar estatisticamente as respostas.

Figura 4.8 – Respostas codificadas em Excel

	A	B	C	D	E
1	[30.]				
2	[20.]				
3	[1.]				
4	[-1.]				
5	[4000.]				
6	[1.]				
7	[90.]				
8	[-1.]				
9	[1.]				
10	[24.152]				
11	[-0.5]				
12	[-1.]				
13	[-1.]				
14	[0.5]				
15	[-1.]				
16	[-1.]				
17	[-1.]				
18	[-1.]				

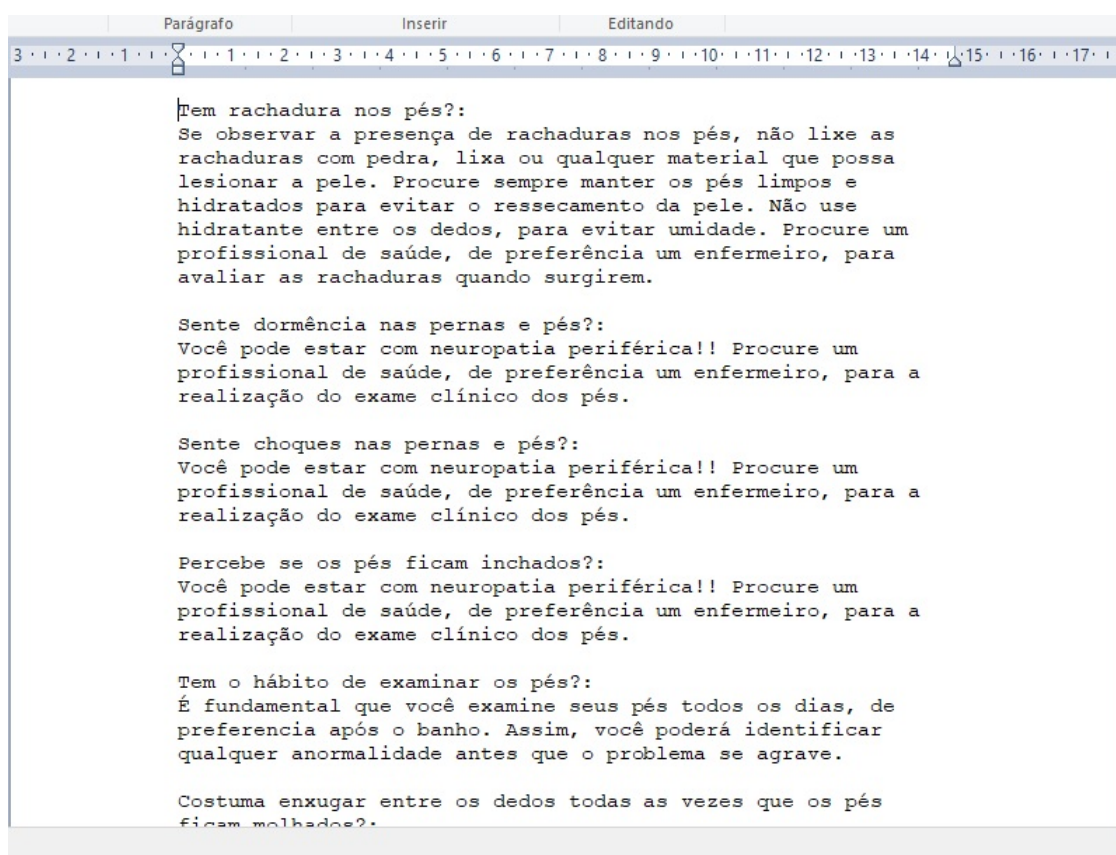
Fonte: CARPeDia®

E por fim, temos a opção salvar relatório que se baseia-se num relatório personalizado para cada paciente de acordo com suas respostas. Esse relatório contém instruções ao paciente em caso de maus hábitos que possam ajudá-lo a desenvolver pé diabético como pode-se constatar na figura 4.9. Este relatório é salvo em arquivo .odt, o qual pode ser executado no Microsoft Word ou Wordpad ou programa padrão de outro sistema operacional com essa finalidade.

4.1 Produtos Alcançados

Como resultado da pesquisa, para o software desenvolvido em Python foi gerado o Certificado de Registro de Programa de Computador, processo nr BR512019002989-5 no INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL e para o software desenvolvido através do GUI Matlab gerou o Certificado de Registro de Programa de Computador, processo nr BR512018051737-4.

Figura 4.9 – Relatório para Paciente



Fonte: CARPeDia®

5 CONCLUSÃO

Os softwares visam contribuir na área da saúde auxiliando os profissionais com uma ferramenta ágil e intuitiva. O aprimoramento e desenvolvimento do software em Python, possibilitou adições de muitos recursos e alterações para facilitar a usabilidade do mesmo. Portanto CARPeDia foi mais vantajoso do que o software Diabetic Foot Screening por essa flexibilidade no desenvolvimento e assim, oferecendo ao usuário maior praticidade nessa linguagem.

Destacam-se como recursos adicionados o arquivamento das respostas de cada paciente, podendo assim facilitar não somente na classificação, mas também na coleta de dados com o auxílio da tecnologia.

Como próximos passos de prosseguimento neste trabalho, destacariam-se a avaliação da usabilidade para verificar se os profissionais de saúde obtiveram-se êxito em usá-lo a fim de mensurar a ajuda na coleta de dados e de auxílio a pacientes. Um dos métodos é por meio do teste de heurística que é baseado na resolução de problemas através das experiências práticas.

Outra possibilidade muito viável seria o desenvolvimento de aplicativo Android e iOS podendo utilizar o algoritmo já desenvolvido, visto que seria mais portátil para o profissional e mais intuitivo uma vez que também teriam visuais mais agradáveis para utilização.

Portanto, é possível adicionar outras Redes Neurais Artificiais, como por exemplo uma RNA Perceptron Multicamadas (MLP) no software desenvolvido bem como outras funções que visem atender as demandas dos profissionais de saúde e no que se refere aos cuidados de enfermagem.

REFERÊNCIAS

- ATLAS, D. International diabetes federation. **IDF Diabetes Atlas, 8th edn. Brussels, Belgium: International Diabetes Federation**, 2017.
- BRAGA, A. d. P.; CARVALHO, A.; LUDEMIR, T. B. Fundamentos de redes neurais artificiais. **Rio de Janeiro: 11a Escola de Computação**, 1998.
- BRASILEIRO, J. L. et al. Pé diabético: aspectos clínicos. **Jornal vascular brasileiro**, Sociedade Brasileira de Angiologia e de Cirurgia Vascular, v. 4, n. 1, 2005.
- COSTA, J. A. F. et al. Classificação automática e análise de dados por redes neurais auto-organizáveis. [sn], 1999.
- EGAN, A. M.; DINNEEN, S. F. What is diabetes? **Medicine**, v. 47, n. 1, p. 1 – 4, 2019. ISSN 1357-3039. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1357303918302627>>.
- FERREIRA, A. C. B. H.; FERNANDES, B. M.; FERREIRA, D. D. Noninvasive approach based on self organizing maps to classify the risk of diabetic foot. **IEEE Latin America Transactions**, IEEE, v. 16, n. 1, p. 75–79, 2018.
- FERREIRA, A. C. B. H. et al. Competitive neural layer-based method to identify people with high risk for diabetic foot. **Computers in Biology and Medicine**, Elsevier, p. 103744, 2020.
- JUPITER, D. C. et al. The impact of foot ulceration and amputation on mortality in diabetic patients. i: from ulceration to death, a systematic review. **International wound journal**, Wiley Online Library, v. 13, n. 5, p. 892–903, 2016.
- KOHONEN, T. Self-organized formation of topologically correct feature maps. **Biological cybernetics**, Springer, v. 43, n. 1, p. 59–69, 1982.
- KOHONEN, T. Essentials of the self-organizing map. **Neural networks**, Elsevier, v. 37, p. 52–65, 2013.
- LITTMAN, E. Trends in neural networks research and an application to computer vision. **New Computing Techniques in Physics Research III**, World Scientific, p. 253–62, 1994.
- MEDEIROS, M. C.; TERÄSVIRTA, T.; RECH, G. Building neural network models for time series: a statistical approach. **Journal of Forecasting**, Wiley Online Library, v. 25, n. 1, p. 49–75, 2006.
- OLIVEIRA, J. E. P. d.; VENCIO, S. Diretrizes da sociedade brasileira de diabetes 2017-2018. **São Paulo: Editora Clannad**, p. 91, 2017.
- ORGANIZATION, W. H. et al. Global report on diabetes. World Health Organization, 2016.
- PEDROSA, H. C. Grupo de trabalho internacional sobre pé diabético. **Consenso Internacional sobre Pé Diabético. Tradução de Ana Cláudia de Andrade, Hermelinda Cordeiro Pedrosa. Brasília: Secretaria de Estado de Saúde do Distrito Federal**, 2001.
- SANTOS, A. M. d. et al. Usando redes neurais artificiais e regressão logística na predição da hepatite a. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, SciELO Public Health, v. 8, p. 117–126, 2005.

SCHWARZER, G.; VACH, W.; SCHUMACHER, M. On the misuses of artificial neural networks for prognostic and diagnostic classification in oncology. **Statistics in medicine**, Wiley Online Library, v. 19, n. 4, p. 541–561, 2000.

SKREPNEK, G. H. et al. Health care service and outcomes among an estimated 6.7 million ambulatory care diabetic foot cases in the us. **Diabetes Care**, Am Diabetes Assoc, v. 40, n. 7, p. 936–942, 2017.

VARGAS, C. P. et al. Conduas dos enfermeiros da atenção primária no cuidado a pessoas com pé diabético. **Rev. enferm. UFPE on line**, p. 4535–4545, 2017.

WINELL, K. et al. Trends in population attributable fraction of acute coronary syndrome and ischaemic stroke due to diabetes in finland. **Diabetologia**, v. 54, n. 11, p. 2789, Aug 2011. ISSN 1432-0428. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00125-011-2262-x>>.

ZUCHINI, M. H. et al. Aplicações de mapas auto-organizáveis em mineração de dados e recuperação de informação. [sn], 2003.

APÊNDICE A – Questionário Base

DADOS GERAIS	
Data da coleta de dados: ___/___/___	
1- Iniciais: _____ 2- Idade: _____ 3- Anos de estudo: _____ 4- Sexo: F () M ()	
5- Profissão/Ocupação: _____ 6- Renda mensal: _____ 7- Estado civil: _____	
8- Valor da última glicemia: _____ jejum () após alimentar ()	
9- Tempo de diagnóstico de diabetes: _____ 10- Tipo de diabetes: 1 () 2 () gestacional ()	
11- IMC: _____ (Peso _____ Altura _____)	
12- Tipo de tratamento: Medicamento oral () Insulina () Dieta () Nenhum ()	
CONDIÇÕES/CUIDADOS DE SAÚDE E CUIDADOS/HÁBITOS COM OS PÉS	
13- Você faz controle da alimentação?	() Sim () Não () As vezes
14- Você faz acompanhamento/controla a glicemia capilar?	() Sim () Não
15- Você pratica alguma atividade física?	() Sim () Não
Se SIM quantas vezes por semana?	
1- As vezes, quando da tempo ()	
2- No mínimo 3 vezes por semana, por 30 minutos pelo menos ()	
3- Todos os dias, regularmente ()	
16- Você é fumante?	() Sim () Não
Se SIM, quantos cigarros fuma por semana? _____	
17- Você toma bebida alcoólica?	() Sim () Não
Se SIM, quantas vezes por semana? _____	
18- Você toma remédio para pressão alta?	() Sim () Não
19- Você tem algum problema de circulação nas pernas?	() Sim () Não

20- Você já sentiu alguma vez perda de sensibilidade nos pés?	()Sim ()Não	
21- Você tem/teve bolha nos pés?	()Sim ()Não	
22- Você tem/teve rachadura nos pés?	()Sim ()Não	
23- Você tem/teve Micosse/frieira nos pés?	()Sim ()Não	
24- Você sente formigamento nas pernas e pés?	()Sim ()Não	
25- Você sente dormência nas pernas e pés?	()Sim ()Não	
26- Você sente queimação nas pernas e pés?	()Sim ()Não	
27- Você sente choques nas pernas e pés?	()Sim ()Não	
28- Você sente dor nas pernas e pés?	()Sim ()Não	
29- Você sente pontada nas pernas e pés?	()Sim ()Não	
30- Você já percebeu alguma diferença nos ossos dos pés?	()Sim ()Não	
31- Você tem joanete?	()Sim ()Não	
32- Você percebe se os pés ficam quentes e avermelhados?	()Sim ()Não	
33- Você percebe se os pés ficam inchados?	()Sim ()Não	
34- Você tem dificuldade para enxergar, ler?	()Sim ()Não	
35- Você pratica atividade intensa como andar por muito tempo ou ficar de pé por muito tempo?	()Sim ()Não	
36- Você tem o hábito de examinar os pés?	()Sim ()Não	
Se SIM, com que frequência:		
1-Todos os dias ()	3-Uma vez ao mês ()	5-Uma vez ao ano ()
2-Uma vez por semana ()	4-A cada seis meses ()	
37- Como suas unhas são cortadas?		
1- rente ao dedo quadrada (reta) ()	3- não rente ao dedo redonda (cortando os cantos) ()	
2- rente ao dedo redonda (cortando os cantos) ()	4- não rente ao dedo quadrada (reta) ()	
38- Você possui o hábito de retirar as cutículas dos pés?	() sim () não	
39- Você tem/teve unhas dos pés encravadas?	()sim ()não	
40- Você tem o hábito de lavar os pés?	() sim () não	
Se sim, usa água e sabão e esfrega?	() sim () não	

41- Você costuma enxugar entre os dedos todas as vezes que os pés ficam molhados?			
<input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não			
42- Você costuma passar creme hidratante nos pés? <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não			
Se SIM, em qual local:	1-Em todo o pé (incluindo entre os dedos) <input type="checkbox"/>		
2-Em cima e na sola do pé <input type="checkbox"/>	3-Somente no calcanhar <input type="checkbox"/>		
43- Você tem calos e/ou já teve? <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não			
Se teve ou tem, o que você costuma usar para remover calos?			
1- lixa de papel e creme hidratante <input type="checkbox"/>	3- pedra-tume ou pedra-pomes e creme hidratante <input type="checkbox"/>		
2- lixa de metal e creme hidratante <input type="checkbox"/>	4- pedra normal e creme hidratante <input type="checkbox"/>		
5- substância química (calicida) <input type="checkbox"/>	6-Não remove os calos <input type="checkbox"/>		
7-Corta os calos <input type="checkbox"/>			
44- Você usa ou já usou bolsa de água quente nos pés, e/ou mergulhou seus pés em água quente?			
<input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não			
45-Que tipo de calçado você costuma usar?			
1-Aberto <input type="checkbox"/>	2-Aberto e fechado <input type="checkbox"/>	3-Fechado <input type="checkbox"/>	
46-Você verifica o calçado por dentro antes de usa-lo? <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não			
47- Em relação ao material do calçado, qual você mais usa?			
1-Pano <input type="checkbox"/>	2-Couro <input type="checkbox"/>	3-Couro sintético <input type="checkbox"/>	4-Borracha <input type="checkbox"/>
48- Como é o aspecto interno do seu calçado?			
1-Sem costura <input type="checkbox"/>	2-Com costura <input type="checkbox"/>	3-Sem e com costura <input type="checkbox"/>	
49- Você anda descalço?			
1-Nunca fica descalço <input type="checkbox"/>	2-As vezes <input type="checkbox"/>	3-Só em casa <input type="checkbox"/>	
50- Qual tipo de meia você prefere usar?			
1-Algodão <input type="checkbox"/>	2-Lã <input type="checkbox"/>	3-Fio sintético <input type="checkbox"/>	4-Não usa meia <input type="checkbox"/>
51- A que horas você costuma sair para comprar sapatos novos?			
1-Pela manhã <input type="checkbox"/>	2-Pela tarde <input type="checkbox"/>	3-Qualquer horário <input type="checkbox"/>	
52-Em qual posição você costuma ficar para assistir TV?			
1- com os pés para baixo <input type="checkbox"/>	2- com as pernas cruzadas <input type="checkbox"/>		
3- com as pernas elevadas <input type="checkbox"/>	4- fica deitado <input type="checkbox"/>		
53- Se você percebe alguma alteração nos pés, qual é seu comportamento?			
1- procura médico/enfermeiro <input type="checkbox"/>	2- usa medicação (pomada, creme) <input type="checkbox"/>		
3- coloca os pés para cima <input type="checkbox"/>	4- não faz nada, espera a evolução <input type="checkbox"/>		
54-Você tem/teve alguma ferida e/ou machucado nos pés? <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não			
55-Presença de amputação? <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não			