

UNIVERSIDADE DA REGIÃO DE JOINVILLE – UNVILLE
MESTRADO DE SAÚDE E MEIO AMBIENTE

Avaliação dos fatores potencialmente modificáveis associados de pacientes submetidos a confecção da primeira fistula arteriovenosa pelo sistema SUS na região Norte Catarinense tendo como base a árvore de decisão

Rafaela Sierth

Prof. Dr. Gilmar Sidnei Erzinger

Joinville - SC
2024

Rafaela Sierth

Avaliação dos fatores potencialmente modificáveis associados de pacientes submetidos a confecção da primeira fistula arteriovenosa pelo sistema SUS na região Norte Catarinense tendo como base a árvore de decisão

Dissertação apresentada para qualificação e obtenção do título de Mestre em Saúde e Meio Ambiente, na Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE.

Orientador: Prof^o. Dr. Gilmar Sidnei Erzinger

Joinville – SC
2024

Catálogo na publicação pela Biblioteca Universitária da Univille

Sierth, Rafaela

S572a Avaliação dos fatores potencialmente modificáveis associados de pacientes submetidos a confecção da primeira fistula arteriovenosa pelo sistema SUS na região Norte Catarinense tendo como base a árvore de decisão / Rafaela Sierth; orientador Dr. Gilmar Sidnei Erzinger. – Joinville: UNIVILLE, 2024.

54 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Saúde e Meio Ambiente – Universidade da Região de Joinville)

1. Fístula arteriovenosa. 2. Insuficiência renal crônica. 3. Processo decisório. 4. Cuidados médicos – Custos. I. Erzinger, Gilmar Sidnei (orient.). II. Título.

CDD 616.614

Termo de Aprova ao

**"Avalia ao dos Fatores Potencialmente Modificaveis Associados de l>acientes
Submetidos a Confec ao da Primeira Fistula Arteriovenosa pelo Sistema SUS na
Regiao Norte Catarinense tendo como Base a Arvore de Decisao"**

por

Rafaela Sierth

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Gilmar Sidnei Erzinger
Orientador (ONIVILLE)

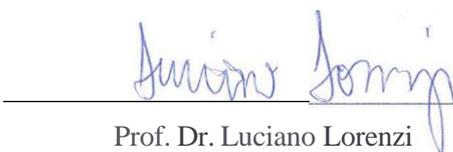
Profa. Dra. Juliana Vieira de Araujo Sandri
(UNIVALI)

Prof. Dr. Rodolfo Coelho Prates
(UNIVILLE)

Dissertac;ao julgada para a obtenc;ao do titulo de Mestra em Saude e Meio Ambiente, area de
concentrac;ao Saude e Meio Ambiente e aprovacla em sua forma final pelo Programa de P6s-
Graduac;ao em Saude e Meio Ambiente.



Prof. Dr. Gilmar Sidnei Erzinger
Orientador (UNIVILLE)



Prof. Dr. Luciano Lorenzi
Coordenaclor do Programa de P6s-Gracuac;ao em Saude e Meio Ambiente

Joinville, 28 de marc;ao de 2024

RESUMO

Introdução: O sucesso da maturação da fístula arteriovenosa (FAV) em pacientes em hemodiálise é uma preocupação crítica, com alta incidência de não maturação ou falência primária. Os fatores que influenciam a maturação da FAV incluem características do paciente e marcadores sanguíneos, bem como fatores físicos e biológicos, como a resposta das células endoteliais ao fluxo sanguíneo e ao estresse de cisalhamento da parede. Do ponto de vista do SUS, a constante preocupação dos prestadores de serviço em relação ao custo e a cobertura financeira destes procedimentos. **Objetivo:** avaliar através de modelo de árvore de decisão quais os fatores modificáveis que influenciam no sucesso da maturação da FAV. **Métodos:** Trata-se de um estudo de coorte prospectivo, observacional, em que foram incluídos todos os pacientes encaminhados para a confecção de fístula arteriovenosa em um centro de diálise em Joinville, Brasil, no período de janeiro de 2021 a julho de 2021. Foram avaliados 150 pacientes através do modelo de árvore de decisão através do software R, parâmetros anatômico fisiológico, sociais, dados clínicos tipos de tratamento. Para as análises financeiras foram avaliados 134 pacotes entendidos pelo SUS utilizando os softwares Excel (Microsoft) e o estatístico STATA, versão 10.0. **Resultados:** Dos 150 pacientes participantes, 40 % (60) do sexo feminino e 60% (90) masculino, em termos de raça, 76,00% (114) da amostra eram de cor branca, pardos 22,66% (34) e pretos 1,33% (2). Em termos de tratamento de diálise da amostra total 58,67% (88) realizam hemodiálise e 41,33% (62) não realizam. Desta amostra 41,33 (62) realizavam tratamento tipo conservador, 1,33% (02) realizavam Diálise Peritoneal e 56,67 % (85) hemodiálise, sendo que 0,67% (1) era transplantado. Em relação a hábito de tabagismo 6,67% (10) eram tabagistas ativos, 38,67% (58) eram Ex tabagistas e 54,675 (82) nunca fumaram. Dos parâmetros fisiológicos ainda temos que Hipertensão Arterial Sistêmica que 98% da amostra (147) eram hipertensos e 3% (25) eram normotensos. Com relação ao uso de anticoagulantes 73,33 % (110) não faziam uso e 26.67 % (40) usavam; 46% pacientes (69) eram diabéticos e 54% (81) não a possuíam. Os pacientes de cor parda tiveram um maior sucesso da maturação da FAV independente dos demais parâmetros, por outro lado o sucesso da maturação em branco e negro está dependente de vários outros fatores como, pressão arterial, obesidade, tipo de tratamento sendo as mulheres deste grupo étnico foram as que apresentaram uma menor taxa de sucesso. Na análise financeira não houve defasagem alguma no âmbito de Santa Catarina, enquanto houve uma defasagem de 204,01% em termos do valor recebido por FAV no restante do Brasil. **Conclusão:** Do ponto de vista financeiro, no estado de Santa Carina, todos os custos são de confecção da FAV estão em consonância com os valores recebidos. Além dos aspectos financeiros, o modelo de árvore de decisão apresentou os perfis dos pacientes que obtiveram maior ou menor possibilidade de sucesso da maturação das FAV.

Palavras-chaves: fístula arteriovenosa, árvore de decisão, doenças renais crônicas, custos financeiros SUS.

EVALUATION OF POTENTIALLY MODIFIABLE FACTORS ASSOCIATED WITH PATIENTS UNDERGOING THE CREATION OF THE FIRST ARTERIOVENOUS FISTULA BY THE SUS SYSTEM IN THE NORTHERN REGION OF SANTA CATARINA BASED ON DECISION TREE ANALYSIS.

ABSTRACT

Introduction: The success of arteriovenous fistula (AVF) maturation in hemodialysis patients is a critical concern, with a high incidence of non-maturation or primary failure. Factors that influence AVF maturation include patient characteristics and blood markers, as well as physical and biological factors such as the response of endothelial cells to blood flow and wall shear stress. From the SUS's point of view, service providers are constantly concerned regarding these procedures' cost and financial coverage. **Objective:** to evaluate, through a decision tree model, which modifiable factors influence the success of AVF maturation. **Methods:** This is a prospective, observational cohort study in which all patients referred for arteriovenous fistula construction at a dialysis center in Joinville, Brazil, from January 2021 to July 2021 were included. One hundred fifty patients were evaluated using the decision tree model using R software, physiological and social parameters, clinical data, and types of treatment. For financial analysis, 134 packages understood by the SUS were evaluated using Excel software (Microsoft) and the statistical STATA, version 10.0. **Results:** Of the 150 participating patients, 40% (60) were female, and 60% (90) were male; in terms of race, 76.00% (114) of the sample were white, and 22.66% (34) were brown, and black 1.33% (2). In terms of dialysis treatment of the total sample, 58.67% (88) undergo hemodialysis, and 41.33% (62) do not perform it. Of this sample, 41.33 (62) underwent conservative treatment, 1.33% (02) underwent Peritoneal Dialysis and 56.67% (85) hemodialysis, with 0.67% (1) undergoing transplantation. Regarding smoking habits, 6.67% (10) were active smokers, 38.67% (58) were ex-smokers, and 54,675 (82) never smoked. Of the physiological aspects, we still have Systemic Arterial Hypertension 98% of the sample (147) were hypertensive, and 3% (25) were normotensive. Regarding the use of anticoagulants, 73.33% (110) did not use them, and 26.67% (40) used them; 46% of patients (69) were diabetic, and 54% (81) did not have it. Brown patients had tremendous success in AVF maturation regardless of other parameters; on the other hand, the success of maturation in white and black people is dependent on several other factors such as blood pressure, obesity, type of treatment, and women in this group ethnic groups were those with the lowest success rate. In the financial analysis, there was no lag in Santa Catarina, while there was a gap of 204.01% in terms of the value received by FAV in the rest of Brazil. **Conclusion:** From a financial point of view, in Santa Carina state, all costs involved in creating the AVF align with the amounts received. In addition to the financial aspects, the decision tree model presented the profiles of patients with a greater or lesser chance of successful AVF maturation.

Keywords: arteriovenous fistula, decision tree, chronic kidney diseases, SUS financial costs.

EVALUACIÓN DE LOS FACTORES POTENCIALMENTE MODIFICABLES ASOCIADOS A PACIENTES SOMETIDOS A LA CREACIÓN DE LA PRIMERA FÍSTULA ARTERIOVENOSA POR EL SISTEMA SUS EN LA REGIÓN NORTE DE SANTA CATARINA, BASÁNDOSE EN EL ANÁLISIS DE ÁRBOL DE DECISIONES.

RESUMEN

Introducción: El éxito en la maduración de la fístula arteriovenosa (FAV) en pacientes sometidos a hemodiálisis representa una preocupación crítica, dado que la incidencia de no maduración o falla primaria es elevada. Los factores que inciden en la maduración de la FAV comprenden características del paciente, marcadores sanguíneos, y elementos físicos y biológicos, tales como la respuesta de las células endoteliales al flujo sanguíneo y al estrés por cizalladura en la pared vascular. Desde la perspectiva del Sistema Único de Salud (SUS), los prestadores de servicios enfrentan una preocupación constante respecto al costo y la cobertura financiera asociados a estos procedimientos. **Objetivo:** Evaluar, utilizando un modelo de árbol de decisión, los factores modificables que afectan el éxito en la maduración de la fístula arteriovenosa (FAV). **Métodos:** Este estudio de cohorte prospectivo y observacional, incluyeron todos los pacientes remitidos para la confección de fístula arteriovenosa en un centro de diálisis en Joinville, Brasil, durante el período de enero a julio de 2021. Se evaluaron 150 pacientes mediante un modelo de árbol de decisión utilizando el software R, considerando parámetros anatómicos, fisiológicos, sociales, datos clínicos y tipos de tratamiento. Para los análisis financieros, se examinaron 134 paquetes registrados por el Sistema Único de Salud (SUS), empleando los programas Excel (Microsoft) y el software estadístico STATA, versión 10.0. **Resultados:** De los 150 pacientes participantes, el 40% (60) eran mujeres y el 60% (90) hombres. En cuanto a la raza, el 76,00% (114) de la muestra era de color blanco, el 22,66% (34) pardos y el 1,33% (2) negros. En relación con el tratamiento de diálisis, el 58,67% (88) de los pacientes estaba en hemodiálisis, mientras que el 41,33% (62) no lo estaba. De estos últimos, el 41,33% (62) recibía tratamiento conservador, el 1,33% (2) realizaba diálisis peritoneal y el 56,67% (85) estaba en hemodiálisis, mientras que el 0,67% (1) era trasplantado. Respecto al tabaquismo, el 6,67% (10) eran fumadores activos, el 38,67% (58) eran exfumadores y el 54,67% (82) nunca habían fumado. Entre los parámetros fisiológicos, el 98% (147) de los pacientes presentaba hipertensión arterial sistémica y el 2% (3) era normotenso. En cuanto al uso de anticoagulantes, el 73,33% (110) no los utilizaba, mientras que el 26,67% (40) sí lo hacía. Además, el 46% (69) de los pacientes eran diabéticos y el 54% (81) no lo eran. Los pacientes de color pardo mostraron un mayor éxito en la maduración de la FAV, independientemente de otros parámetros. Por otro lado, el éxito de la maduración en pacientes blancos y negros dependió de varios factores, como la presión arterial, la obesidad y el tipo de tratamiento, destacándose que las mujeres de estos grupos étnicos presentaron una menor tasa de éxito. En el análisis financiero, no se identificaron deficiencias en el estado de Santa Catarina, mientras que en el resto de Brasil se observó un déficit del 204,01% en el valor recibido por cada FAV. **Conclusión:** Desde el punto de vista financiero, en el estado de Santa Catarina, todos los costos relacionados con la FAV están alineados con los valores recibidos. Además de los aspectos financieros, el modelo de árbol de decisión permitió identificar los perfiles de pacientes con mayor o menor probabilidad de éxito en la maduración de la FAV.

Palabras clave: fístula arteriovenosa, árbol de decisión, enfermedades renales crónicas, costos financieros.

LISTA DE ABREVIATURAS

DRC	Doença Renal Crônica
FAV	Fistula arteriovenosa
TRS	Terapia Renal Substitutiva
SUS	Sistema Único de Saúde
TFG	Taxa de Filtragem Glomerular
CCA	Centro Cirúrgico Ambulatorial
TCLE	Termo de Consentimento livre e Esclarecido
KDOQI	Kidney Disease Outcome Quality Initiative
HAS	Hipertensão
DM	Diabetes Mellitus
DRCT	Doença renal em estágio terminal
MS	Ministério da Saúde
SUS	Sistema Único de Saúde
AVG	Enxerto Arteriovenoso
CVC	Cateter Venoso Centra

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Resultados da Análise de Árvore de Decisão em Relação aos Aspectos Fisiológicos	37
Figura 2 - Resultados da Análise de Árvore de Decisão em Relação aos Locais de Confeção da Primeira Fístula e o Tipo de Tratamento.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características Gerais da Amostra de 150 Pacientes.....	34
Tabela 2 - Tipos e Frequência de Veias e Artérias Utilizadas para a Confecção da Primeira Fístula.....	35
Tabela 3 - Estatísticas do Modelo de Fatores Demográficos e Clínicos	36
Tabela 4 - Análise de Fatores Demográficos e Clínicos	36
Tabela 5 - Estatísticas do Modelo de Fatores de Tratamento e Dados Laboratoriais	39
Tabela 6 - Análise de Fatores Fisiológicos e Laboratoriais.....	41

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVOS	11
2.1. Geral.....	11
2.2. Específicos	11
3. REVISÃO DA LITERATURA	13
3.1. Doença Renal Crônica	13
3.2. Hemodiálise.....	15
3.3. Fistula Arteriovenosa	17
3.4. Custo De Confecção Da Primeira Fistula	19
3.5. Arvore De Decisão	22
4. INTERDISCIPLINARIEDADE	30
5. METODOLOGIA	31
5.1. Delineamento do Estudo	31
5.2. Amostragem	31
5.3. Critérios de inclusão	31
5.4. Critérios de exclusão	31
5.5. Análise de banco de dados	31
5.6. Metodologia de análise de dados	32
5.7. Aspectos éticos	33
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
7. CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS	45

1. INTRODUÇÃO

A doença renal crônica (DRC) tem sido reconhecida como um importante problema de saúde pública em todo o mundo. A prevalência global estimada de DRC é de 13,4% (11,7–15,1%), e os pacientes com doença renal em estágio terminal (DRCT) que necessitam de terapia renal substitutiva são estimados entre 4,902 e 7,083 milhões. Através do seu efeito sobre o risco cardiovascular e a DRC, a DRC afeta diretamente a carga global de morbidade e mortalidade em todo o mundo (Lv; Zhang, 2019).

De acordo com Weidtmann e Schunkert (2007) a principal causa de morte e morbidade em pacientes com DRC é a doença cardiovascular, que é exacerbada por fatores de risco tradicionais, sobrecarga de volume e anormalidades endócrinas e metabólicas. A DRC está associada ao aumento da morbidade e mortalidade, especialmente em idosos (Mallappallil *et al.*, 2014). A doença é caracterizada por anormalidades urinárias persistentes, anormalidades estruturais ou função renal excretora prejudicada (Romagnani *et al.*, 2017). A detecção e o manejo precoces são cruciais, com ênfase no controle da pressão arterial, na inibição do sistema renina-angiotensina e nas intervenções específicas da doença (Romagnani *et al.*, 2017). Apesar da disponibilidade de tratamentos para prevenir a progressão da doença e reduzir as complicações, o conhecimento da DRC continua baixo em muitas comunidades (Jha *et al.*, 2013).

A prevalência global da doença renal crônica (DRC) está a aumentar, sendo a diabetes e a hipertensão os principais fatores de risco (Lopez *et al.*, 2022). Esse aumento é atribuído ao envelhecimento da população, à melhor detecção e à crescente incidência desses fatores de risco. A DRC contribui significativamente para a morbidade e mortalidade global, especialmente em países de baixa e média renda (Cockwell; Fisher, 2020). A progressão da DRC está fortemente associada ao diabetes e à hipertensão, embora os mecanismos exatos não sejam totalmente compreendidos (Unnikrishnan *et al.*, 2022). O encargo financeiro da DRC é substancial, necessitando da avaliação de estratégias preventivas custo-efetivas (Lv; Zhang, 2019). No entanto, a DRC é frequentemente subdiagnosticada, destacando a necessidade de melhor

rastreio e diagnóstico, particularmente em pacientes de alto risco (Dumont *et al.*, 2021).

As opções terapêuticas disponíveis para a Doença Renal Crônica (DRC) incluem métodos artificiais de purificação do sangue, como diálise peritoneal ou hemodiálise, bem como transplante renal (Hopkins *et al.*, 2009). No entanto, estes tratamentos não estão isentos de desafios, particularmente em receptores de transplantes de órgãos sólidos não renais, onde estratégias para minimizar insultos nefrotóxicos e retardar lesões renais progressivas são cruciais (Bloom; Reese, 2007). A DRC está associada a complicações graves, incluindo doenças cardiovasculares, hiperlipidemia, anemia e doença óssea metabólica, que requerem uma abordagem multidisciplinar para o tratamento ideal (Thomas *et al.*, 2008). O controle da pressão arterial com inibidores da ECA ou BRA e o controle glicêmico no diabetes são as terapias mais eficazes para retardar a progressão da DRC, mas há necessidade de mais pesquisas e desenvolvimento de novos tratamentos (Turner *et al.*, 2012).

A criação da primeira fístula arteriovenosa é um procedimento crucial para o acesso à hemodiálise, e sua construção bem-sucedida é essencial para os resultados do paciente. O procedimento envolve conectar uma veia a uma artéria, normalmente nas extremidades superiores, para criar um local para acesso para hemodiálise. No entanto, em alguns casos, como quando o acesso aos membros superiores não é viável, a fístula pode precisar ser criada nos membros inferiores (Ramírez; Rivera-Chavarría, 2018). O sucesso do procedimento depende de vários fatores, incluindo o estágio clínico do paciente e a localização anatômica da fístula. O diagnóstico precoce e a determinação dos parâmetros vasculares avaliados na ultrassonografia Doppler, bem como fatores relacionados à obesidade e/ou aspectos nutricionais podem influenciar a maturação da fístula arteriovenosa (Gasparin *et al.*, 2022).

O aprendizado de máquina tem se mostrado promissor na previsão da falha precoce da fístula arteriovenosa (FAV) e na determinação de parâmetros vasculares. Zadeh *et al.* (2013) e Ibeas *et al.* (2021) descobriram que técnicas de aprendizado de máquina, como W-Simple Cart, árvore WJ48 e Random Forest, podem prever com precisão a falha da FAV, sendo o tabagismo, a idade e o metabolismo mineral identificados como fatores-chave. Kordzadeh *et al.* (2019) e Tania *et al.* (2020) demonstraram ainda o potencial da inteligência

artificial na previsão da maturação funcional da FAV, sendo a idade, o diâmetro das artérias e veias e as medidas clínicas sendo fatores influentes. Esses estudos destacam coletivamente o potencial do aprendizado de máquina no auxílio ao diagnóstico precoce e à tomada de decisões no manejo da FAV.

As árvores de decisão, são algoritmos de *machine learning* (máquina de aprendizagem) largamente utilizados e desempenham um papel crucial na análise e interpretação de dados complexos. Essa abordagem algorítmica é particularmente eficaz para representar decisões e relações em formato hierárquico, assemelhando-se a uma estrutura de árvore. Ao dividir os dados com base em condições específicas, as árvores de decisão oferecem uma visão sistemática e intuitiva de como variáveis interagem para influenciar resultados. Sua versatilidade abrange desde a classificação de dados até a previsão de resultados, tornando-as uma ferramenta valiosa em diversas áreas, como medicina, finanças e ciência (Sacramento, 2021). Neste trabalho, exploraremos a evolução, aplicabilidade e impacto das árvores de decisão, destacando seu papel na compreensão e tomada de decisões em contextos complexos.

Uma série de técnicas de aprendizado de máquina foram aplicadas à previsão e diagnóstico da doença renal crônica (DRC). Charleonnann *et al.*, (2016) comparou K-vizinhos mais próximos, máquina de vetores de suporte, regressão logística e classificadores de árvore de decisão, enquanto Tomašev *et al.*, (2019) desenvolveu um modelo de aprendizagem profunda para previsão contínua de risco de lesão renal aguda. Qin *et al.* (2020) propôs uma metodologia de aprendizado de máquina para diagnóstico de DRC, alcançando alta precisão com um modelo de floresta aleatória. Padmanaban *et al.* (2016) concentrou-se na previsão de DRC em pacientes diabéticos, alcançando 91% de precisão com um modelo de árvore de decisão. Esses estudos demonstram coletivamente o potencial do aprendizado de máquina na melhoria da previsão e do diagnóstico da DRC.

Lowrie (1990) identificou vários fatores de risco para morte em pacientes em hemodiálise, incluindo idade, raça, diabetes e níveis baixos de albumina sérica. Akbilgic (2019) baseou-se neste trabalho usando aprendizado de máquina para prever a mortalidade pós-diálise em curto prazo em pacientes com doença renal em estágio terminal, obtendo bom desempenho. Mezzatesta *et al.* (2019) aplicou ainda mais o aprendizado de máquina para prever doenças

cardiovasculares em pacientes em diálise, alcançando alta precisão. Berthoux *et al.*, (2011) desenvolveu um escore de risco para prever o risco de diálise ou morte em pacientes com nefropatia por IgA, que poderia ser potencialmente incorporado em modelos de aprendizado de máquina para aplicação mais ampla. Esses estudos demonstram coletivamente o potencial do aprendizado de máquina na identificação de pacientes em diálise com alto risco de morte.

O Sistema Único de Saúde (SUS) é responsável pelo financiamento de aproximadamente 90% dos tratamentos de pacientes em Terapia Renal Substitutiva (TRS) no Brasil, abrangendo tanto a diálise (hemodiálise e diálise peritoneal) quanto o transplante renal. Isso destaca o papel crucial do SUS na garantia de acesso a serviços essenciais para pacientes com doença renal crônica, assegurando o tratamento adequado e promovendo a saúde renal na população brasileira (Ministério da Saúde, 2022).

A Política Nacional de Atenção ao Portador de Doença Renal, instituída pelo Ministério da Saúde (MS), está implantada em todas as unidades federadas, respeitadas as competências das três esferas de gestão. As orientações normativas para a organização das ações e serviços de atenção ao portador de doença renal e de assistência em Nefrologia estão descritas nas Portarias GM/MS nº 1.168, de 25 de junho de 2004 e Portaria Consolidada nº 1/2017, Portaria SAS/MS nº 1675, de 7 de junho de 2018 e Resolução ANVISA RDC nº 11, de 13 de março de 2014, publicadas 14 pelo Ministério da Saúde. Esses atos normativos instituem a Política Nacional de Atenção ao Portador de Doença Renal, por meio da organização e implantação de Redes Estaduais e/ou Regionais de Assistência em Nefrologia e a linha de cuidado da Pessoa com Doença Renal Crônica (DRC).

Diante destes aspectos, o presente trabalho visou obter dados dos pacientes associados aos valores de procedimentos dos custos financeiros vinculados à criação da Fístula Arteriovenosa (FAV), para que se possa através técnica de mineração de dados observar quais os fatores que possam influenciar o sucesso da maturação da FAV. A mineração de dados constitui-se em um conjunto de ferramentas e técnicas que fazem uso de algoritmos de aprendizagem ou classificação, baseados em redes neurais e estatística. Esses algoritmos são capazes de explorar um conjunto de dados, extraindo ou evidenciando padrões nesses dados, auxiliando na descoberta de

relacionamentos sistemáticos entre variáveis. O conhecimento derivado da mineração de dados pode ser apresentado por meio dessas ferramentas de diversas formas, como agrupamentos, hipóteses, regras, árvores de decisão, grafos ou dendrogramas. Neste trabalho, a ferramenta utilizada foi a árvore de decisão. Essa metodologia pode proporcionar insights valiosos sobre as interações complexas e os fatores que influenciam o sucesso na maturação da FAV, sendo um procedimento crucial para o acesso à hemodiálise (Cetax, 2022).

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Avaliar quais os fatores potencialmente modificáveis associados de pacientes submetidos a confecção da primeira fístula arteriovenosa pelo sistema SUS que influenciam o sucesso de maturação.

2.2. Específicos

- Avaliar quais os parâmetros fisiológicos influenciam o sucesso de maturação da FAV utilizando associada árvore de decisão;
- Determinar quais os parâmetros de comorbidades que influenciam o sucesso de maturação da FAV utilizando associada árvore de decisão;
- Observar a influenciada de fatores sociais (idade, raça, gênero e tipo de tratamento) que influenciam o sucesso de maturação da FAV utilizando associada árvore de decisão;
- Verificar se existem diferenças de custos de acordo com idade, gênero, comorbidades, matérias e medicações;
- Analisar se todos os custos financeiros registrados são cobertos pelo SUS.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Doença Renal Crônica

A doença renal crônica (DRC) é um problema de saúde global significativo, com uma prevalência de 8-16% em todo o mundo e um risco maior entre as populações mais pobres (Jha *et al.*, 2013). A doença é frequentemente subdiagnosticada, com menos de 5% dos pacientes cientes de sua condição (Chen *et al.*, 2019). A prevalência da DRC varia de acordo com a idade, com maior prevalência entre indivíduos mais velhos (Zhang, Rothenbacher, 2008). As principais causas da DRC são diabetes e hipertensão, e a triagem, o diagnóstico e o manejo adequados são cruciais na prevenção de resultados adversos (Chen *et al.*, 2019). A carga da DRC pode ser reduzida através da detecção e intervenção precoces, e a implementação de estratégias de gestão demonstrou reduzir a incidência de doença renal em estágio terminal (Jha *et al.*, 2013).

Doença renal crônica é um termo geral para distúrbios heterogêneos que afetam a estrutura e função renal. As diretrizes de 2002 para definição e classificação desta doença representaram uma mudança importante no sentido do seu reconhecimento como um problema de saúde pública mundial que deveria ser gerido nas suas fases iniciais por internistas gerais. A doença e o manejo são classificados de acordo com os estágios de gravidade da doença, que são avaliados a partir da taxa de filtração glomerular (TFG) e albuminúria, e do diagnóstico clínico (causa e patologia). A doença renal crônica pode ser detectada com exames laboratoriais de rotina, e alguns tratamentos podem prevenir o desenvolvimento e retardar a progressão da doença, reduzir complicações de diminuição da TFG e risco de doença cardiovascular e melhorar a sobrevida e a qualidade de vida. (Romão Junior, 2004)

Segundo Levey e Coresh (2012) a doença renal crônica é um termo geral para distúrbios heterogêneos que afetam a estrutura e a função dos rins. A variação na expressão da doença está parcialmente relacionada à causa e à patologia, à gravidade e à taxa de progressão. Desde a introdução do modelo conceitual, definição e estadiamento da doença renal crônica há 10 anos (Levey *et al.*, 2009) as diretrizes recomendaram uma mudança da doença renal para ser reconhecida como um distúrbio com risco de vida que afeta poucas pessoas que

necessitam de cuidados, nefrologistas, a um distúrbio comum de gravidade variável que não só merece a atenção dos internistas gerais, mas também precisa de uma abordagem concertada de saúde pública para prevenção, detecção precoce e tratamento (De Boer *et al.*, 2022). Embora as diretrizes tenham tido um efeito importante na prática clínica, na pesquisa e na saúde pública, elas também geraram controvérsia (Eckardt *et al.*, 2009).

Kirsztajn *et al.*, (2014) propõem uma classificação de seis estágios da doença renal crônica (DRC) com base na função renal do paciente e na taxa de filtração glomerular (TFG). Isto está de acordo com a recomendação de Pécoits-Filho (2004) de usar a TFG como um indicador-chave da função renal e do estadiamento da DRC. Segundo Bregman (2004) é importante enfatizar as avaliações regulares da TFG para monitorar a progressão da DRC e prever a necessidade de terapia renal substitutiva.

Segundo Kidney Disease Outcome Quality Initiative (2012), a partir do estágio 3, a TFG começa a declinar, independente da causa renal do paciente no parâmetro de avaliação $TFG < 60 \text{ ml/min/1,73 m}^2$ ou $TFG > 60 \text{ mL/min/1,73 m}^2$ associada a pelo menos um marcador de lesão renal, a albuminúria é parenquimatoso (como a proteinúria) por pelo menos 3 meses.

No estágio 1, apresenta a função renal normal sem danos renal, neste estágio, o paciente não apresenta dano renal, mas está em risco de desenvolvimento (HAS, DM, história familiar de DRC) (Ammirati, 2020).

Já no estágio 2, fase de lesão com função renal normal, nesta fase corresponde o início da lesão renal como uma taxa de filtração glomerular preservada, ou seja, a velocidade de filtração glomerular está acima de $90 \text{ ml/min/1,73 m}^2$ (Kirsztajn *et al.*, 2014).

No estágio 3, a fase de insuficiência renal funcional ou leve: ocorre o início da perda da função dos rins. Os pacientes nesta fase não apresentam alterações nos testes de ureia e creatinina plasmática e não apresentavam sintomas clínicos da doença. Nesta fase, será avaliado qual método é preciso para avaliar a função renal (métodos de depuração que irão detectar anormalidades). O rim mantém um controle de filtração glomerular razoável entre 60 e $89 \text{ mL/min/1,73 m}^2$ (Ammirati, 2020).

No estágio 4, fase de insuficiência renal laboratorial ou moderada, nesta fase, o paciente começa a apresentar uma ligeira alteração no teste da ureia,

mas não há sintomas clínicos. Geralmente se manifesta como alterações nos sinais e sintomas da doença (lúpus, hipertensão, diabetes, infecções do trato urinário etc.). Por meio de uma avaliação simples, é fácil observar os níveis elevados de uréia e creatinina plasmáticas, que correspondem à filtração glomerular com intervalo de 30 a 59 mL /min /1,73 m² (Ammirati, 2020);

No estágio 5, fase de insuficiência renal clínica ou severa: os pacientes neste estágio já apresentaram alterações na insuficiência renal, e os sinais e sintomas da doença aparecem como marcadores de uremia, anemia, hipertensão, edema, fraqueza e desconforto, sintomas do sistema digestivo são mais comuns nesta fase. A taxa de filtração glomerular varia de 15 a 29 mL/min/1,73 m² (Ammirati, 2020).

Por fim, no estágio 6, a fase terminal de insuficiência renal crônica, como o nome sugere, avalia o alcance da função renal, na qual começa a perder o controle do meio interno, tornando-o incompatível com a vida. Os sintomas dos pacientes neste estágio são graves e requerem tratamento de depuração artificial do sangue, como diálise peritoneal, hemodiálise ou transplante renal. A taxa de filtração glomerular é inferior a 15 mL/min /1,73 m² (Ammirati, 2020).

Para diagnosticar a DRC, a taxa de filtração glomerular (TFG) precisa ser avaliada, e a classificação da DRC é usada para avaliar a função renal. Nunca pode ser medido diretamente, é necessário ajustar a fórmula das variáveis e valores da creatinina causados por fatores como idade, sexo, superfície corporal e raça para realizar os cálculos (Pecoits-Filho, 2004).

3.2. Hemodiálise

A hemodiálise é um procedimento terapêutico crucial para o manejo da insuficiência renal aguda e crônica, bem como das intoxicações agudas (MOTA, 2023). No caso de insuficiência renal aguda em animais, a fluidoterapia é a base do tratamento. A incapacidade dos rins de filtrar o sangue e eliminar substâncias tóxicas pode levar à insuficiência renal, que pode ser causada por desidratação, sepse ou lesão renal (Frazão, 2021).

A evolução da hemodiálise tem sido um desenvolvimento significativo no campo da medicina, particularmente no tratamento de doenças renais. O processo evoluiu ao longo do tempo, com avanços na tecnologia e na

compreensão médica levando a melhores resultados para os pacientes. As primeiras formas de hemodiálise envolviam o uso de máquinas grandes e pesadas, mas as técnicas modernas tornaram-se mais simplificadas e eficientes (Chung *et al.*, 2021). A evolução das máquinas de hemodiálise tem sido marcada pelo foco na eficiência, desempenho e segurança. Basile e colaboradores (2021) observaram que embora os princípios básicos dos hemodialisadores tenham permanecido consistentes, houve avanços significativos nas condições e técnicas operacionais.

Misra (2005) enfatiza a importância de um conjunto complexo de detectores, controladores, monitores e dispositivos de segurança na máquina HD para garantir uma operação segura. Esses avanços contribuíram para melhorar o desempenho e a segurança das máquinas de hemodiálise. Estas diversas áreas de investigação contribuíram para a evolução global da hemodiálise, tornando-a um tratamento crucial e que salva vidas para muitos indivíduos.

De acordo com a pesquisa feita pelo censo brasileiro de diálise brasileira realizada entre 2016 e 2020, a hemodiálise é a forma de tratamento mais utilizada (Sesso *et al.*, 2017; Tomeh *et al.*, 2020). Segundo Correia *et al.* (2021), a hemodiálise é o tratamento dialítico mais adequado para pacientes com DRC, sendo que 70% a 90% dos pacientes utilizam esse tratamento.

A prescrição do tratamento é padronizada em média três sessões semanais, por um período médio de 4 horas por sessão, dependendo das necessidades individuais (Kusumoto *et al.*, 2008).

Segundo as estimativas do censo de 2022 da Sociedade Brasileira de Nefrologia (SBN), aproximadamente 153.831 pacientes estão submetidos a tratamento de diálise, sendo 80,3% desses financiados pelo Sistema Único de Saúde (SUS) por meio de uma rede de clínicas credenciadas em todo o país. Dos pacientes em prevalência, 95,3% estavam em hemodiálise e a taxa bruta total anual de mortalidade foi estimada em 17,1% (Nerbass *et al.*, 2023).

3.3. Fístula Arteriovenosa

Uma série de estudos explorou o uso de fístulas arteriovenosas (FAV) em pacientes com insuficiência renal crônica. Fernandez Pérez (2008) descobriram que o momento da criação da FAV em relação ao diagnóstico de insuficiência renal crônica impactou significativamente os resultados. Molina Alfonso (2012) focaram na sobrevivência das FAV em pacientes em hemodiálise, enquanto Linares (2018) destacou os benefícios das FAV nesta população, particularmente em termos de melhoria da qualidade de vida. De Castro Barreto e colaboradores (2021) enfatizaram a importância das práticas de autocuidado na manutenção das FAV, apesar dos desafios enfrentados pelos pacientes. Esses estudos sugerem coletivamente que as FAVs podem ser benéficas para pacientes com insuficiência renal crônica, especialmente quando criadas precocemente e mantidas por meio de práticas de autocuidado.

A fístula arteriovenosa é indicada apenas para pacientes com insuficiência renal crônica, consiste em uma anastomose subcutânea de uma artéria com uma veia e é confeccionada por um cirurgião vascular. O ramo venoso dilata-se e com o tempo sua parede fica espessa o que possibilita a inserção repetidas das agulhas de diálise e assim o paciente possa realizar a hemodiálise (Smeltzer; Bare, 2011).

Estão descritos nas diretrizes internacionais que o acesso à FAV é o método mais adequado para pacientes em tratamento de HD garante um acesso vascular seguro e de alta durabilidade e fornece fluxo sanguíneo suficiente para a diálise, o que ajuda a melhorar a qualidade de vida desses pacientes além de reduzir o risco de infecção, hospitalização e custos econômicos (Sallée, 2021; Lee *et al.*, 2017).

Pacientes em diálise e portadores de DRC apresentam risco significativamente maior de infecção, principalmente septicemia, devido a fatores como hiporresponsividade imunológica e presença de doenças coexistentes (Foley, 2007; Bloembergen; Port, 1996). A infecção é uma das principais causas de morbidade e mortalidade nessas populações, sendo a septicemia responsável por uma proporção significativa de mortes infecciosas. As taxas de episódios bacterêmicos e peritonite também são notavelmente altas nesses pacientes (Bloembergen; Port, 1996). Apesar do alto risco, existem dados

limitados sobre a epidemiologia de infecções em pacientes com DRC que não necessitam de diálise, destacando a necessidade de mais pesquisas nesta área (Dalrymple; Go, 2008). Segundo Shaefer e Fernandes (2021) em pacientes submetidos a tratamento dialítico e que apresentam Doença Renal Crônica, revelou taxas de infecção de 22,22% para cateteres de curta permanência, 13,33% para cateteres de longa permanência e 7,31% para FAV, desta forma demonstrando que a FAV são um procedimento com melhor segurança para os pacientes.

Mesmo em indivíduos idosos, a Fístula Arteriovenosa (FAV) continua sendo a opção de acesso preferencial para a hemodiálise, contribuindo para a redução dos riscos de infecção, hospitalização e os custos econômicos associados (Sallée, 2021; Lee *et al*, 2020).

Entretanto, estima-se que entre 23% e 70% das Fístulas Arteriovenosas (FAV) experimentam falhas durante o processo de maturação, ocorrendo antes que o paciente inicie o tratamento de hemodiálise (Waheed *et al.*, 2020). Dessa forma, o recurso a cateteres torna-se imperativo, resultando em uma elevada taxa de morbidade.

Alguns fatores fisiológicos estão descritos na literatura como importantes para o sucesso da FAV, tais como idade avançada, presença de doença cardíaca isquêmica e diâmetros menores de veias e artérias estão associados a um maior risco de falha de maturação em fístulas arteriovenosas (FAVs) do antebraço (Gasparin *et al.*, 2023; Van Der Linden, 2006). Isto provavelmente se deve ao impacto desses fatores na disfunção endotelial, que tem se mostrado um preditor de eventos cardiovasculares futuros (Perticone, 2001; Brevetti, 2003).

Em estudo relatado por Gasparin (2022) sobre a confecção de primeira fistula em 145 pacientes participantes dos quais 88 (60,1%) eram homens, com idade mediana de 59 anos. Neste estudo foi relatado um sucesso na maturação da fístula arteriovenosa em 113 (77,9%) pacientes. As maiores chances de sucesso se dão FAV se deram o maior diâmetro da veia e da artéria e fístulas na porção mais proximal do membro superiores. Por outro lado, os resultados com menores chance de maturação da fístula arteriovenosa foram associadas como aumento do IMC, hematócrito, circunferência do braço e valor das dobras cutâneas foram associados a menor chance de maturação da fístula

arteriovenosa na análise, através das análises estatísticas univariada. Através de análise multivariada os fatores como tabagismo, maior dobra cutânea e circunferência do braço foram associados a menor chance de sucesso da maturação. Por outro lado, aumento da pressão arterial sistólica e o do diâmetro da veia foram associados a maior chance de sucesso (Gasparin *et al.*, 2023).

Quando há a necessidade de criar uma Fístula Arteriovenosa (FAV) para um paciente, uma avaliação é conduzida pelo cirurgião vascular. A preferência inicial é sempre pelo braço não dominante; no entanto, é crucial que o paciente apresente vasos de qualidade para assegurar o sucesso da maturação da FAV (Carvalho *et al.*, 2019). Gasparin e colaboradores (2023) descreveram que um dos fatores determinantes do sucesso da FAV em seu trabalho se deu pelo uso ultrassonografia com doppler dos vasos do membro superior feita pelo próprio cirurgião vascular pode potencializar a taxa de sucesso da maturação.

3.4. Custo de Confeção da Primeira Fístula

Existem poucos estudos que mensuram os custos envolvidos no procedimento ao manejo da FAV em uma quantidade considerável de pacientes em HD, mesmo sabido das complexidades da confecção de uma FAV.

Thamer e colaboradores (2018) realizaram um estudo de corte em três fases sendo que as pulações finais do estudo foram 2704 para a coorte 1, 3530 para a coorte 2 e 3901 coorte 3, totalizando 10135 pacientes. Custos anualizados de acesso vascular de 2,5 anos após a confecção de FAV dá continuidade às tendências de custos observadas no primeiro e segundo anos. Em outras palavras, FAV bem-sucedida uso e manutenção da patência primária e secundária em ano 1 resultou em custos mais baixos ao longo de vários anos de em torno de por ano US\$ 7.871. Para pacientes cujo as FAV mantiveram a patência apresentaram baixo sucesso no primeiro ano o custo foi de US\$ 17.350 e para os que tiveram sucesso somente após o segundo ano o custo foi de US\$ 31630 o que demonstra a importância no custo financeiro do sucesso de confecção da primeira fistula.

Em outro estudo realizado em um hospital de referência na cidade de Curitiba no estado do Paraná, encontrou o valor médio total por R\$ 817,57 por procedimento criação de acesso venoso. Porém, este valor não calculou os

insucessos tanto na colocação de acesso CVC ou de confecção de FAV. (Gouveia *et al.*, 2017).

Já no estudo feito por Nordyke *et al.*, (2019) mostrou que os menores custos de eventos de acesso por paciente por ano foram em pacientes com FAV (US\$ 6.402) e o mais alto foi em pacientes com enxerto arteriovenoso (AVG) (US\$ 8.683) os pacientes de CVC foi de US \$ 6.402. Porém os custos anuais totais para pacientes em HD com FAV foi o mais baixo (US\$ 59.792), seguidos por AVG (US\$ 73.081) e CVC (US\$ 79.890).

Como conclusão, Thamer e colaboradores (2018) sugere que as FAVs que apresentam intervenções no primeiro ano após a confecção, principalmente as que nunca foram usadas para HD, resultam em custos mais elevados em longo prazo, portanto nota-se a necessidade de atenção clínica de melhorar os resultados e reduzir os custos possivelmente evitáveis após a criação cirúrgica da FAV.

Os custos financeiros cobertos pelo Sistema Único de Saúde (SUS) na confecção de fístulas para doença renal crônica (DRC) são significativos altos, sendo a DRC e doenças associadas responsáveis por parcela substancial dos gastos do SUS (Alcalde; Kirsztajn, 2018). O uso de fístulas em pacientes prevalentes com DRC diminuiu, levantando preocupações sobre o aumento dos custos associados (Collins *et al.*, 2010). Os gastos relacionados com as hemodiálises, em tratamento comum para a DRC foram observados aumento de custo nos procedimentos e gastos relacionados (Menezes *et al.*, 2015). Esses achados destacam o ônus financeiro da DRC para o SUS e a necessidade de opções de tratamento custo-efetivas.

Em 2014, foram estabelecidas diretrizes clínicas no Sistema Único de Saúde (SUS) para o cuidado a pacientes com Doença Renal Crônica (DRC). Essas diretrizes visavam organizar a rede assistencial e o financiamento das ações relacionadas à abordagem da DRC, delineando a linha de cuidado na rede de atenção à saúde (RAS) para pessoas com doenças crônicas. A linha de cuidado define atribuições para diferentes pontos de atenção na RAS, incluindo a Atenção Primária à Saúde (APS) e a atenção especializada ambulatorial, subdividida em Unidade Especializada em DRC, Unidade de Assistência de Alta Complexidade em Nefrologia e Unidade Especializada em DRC com Terapia Renal Substitutiva (TRS) ou Diálise. Estas diretrizes representaram um avanço

na política pública ao sistematizar a linha de cuidado, destacando a integralidade, especialmente na APS, e enfatizando a importância do diagnóstico precoce e tratamento oportuno da DRC (Cristina *et al.*, 2022)

Segundo a PORTARIA GM/MS Nº 1.388, de 9 de junho de 2022 (SUS, 2022), que define os procedimentos cirúrgicos prioritários no âmbito do Sistema Único de Saúde - SUS, estabelece recurso do Bloco de Manutenção das Ações e Serviços Públicos de Saúde – Grupo de Atenção Especializada, a ser incorporado ao limite financeiro de Média e Alta Complexidade - MAC dos estados, do Distrito Federal e dos municípios, altera e exclui atributos e inclui procedimento na Tabela de Procedimentos, Medicamentos, Órteses, Prótese e Materiais Especiais do SUS.

Segundo o artigo 5 § 2º fica estabelecido que o procedimento 04.18.01.003-0 - Confeção de fístula arteriovenosa p/ hemodiálise, continuará sendo financiado por meio do Fundo de ações Estratégicas e Compensação FAEC. De 2014 até 2021 o valor estabelecido pela PORTARIA nº 1331 de 27/11/13 SAS foi de R\$ 600,00. Em 2022 a PORTARIA nº 1388 de 09/06/22 GM altera Serviço Ambulatorial para o valor de R\$ 859,20 por procedimento. Inclui neste valor a cobertura de consultas pré-anestésica e para avaliação de risco cirúrgico, se couber, bem como de exames laboratoriais e de imagem eventualmente necessários previamente à realização de procedimentos cirúrgicos eletivos (PORTARIA GM/MS Nº 1.388, DE 9 DE JUNHO DE 2022).

As atividades contempladas neste procedimento são os medicamentos utilizados, materiais de consumo, taxa de sala e honorário médico. Segundo Gasparin *et al.*, (2023) a fundação Pró Rim tem ainda o custo para identificar a taxa de maturação de fístula arteriovenosa confeccionada com análise prévia do sistema vascular local por meio de ultrassom com Doppler valor este não previsto na portaria.

A PORTARIA Nº 1.675, DE 7 DE JUNHO DE 2018, dispõe sobre os critérios para a organização, funcionamento e financiamento do cuidado da pessoa com Doença Renal Crônica - DRC no âmbito do Sistema Único de Saúde – SUS.

Em Santa Catarina, a organização da atenção ambulatorial especializada na linha de cuidado da Pessoa com Doença Renal Crônica (DRC) foi instituindo um contrato dos serviços Terapia Renal Substitutiva (TRS) do qual foi incremento

um valor estadual destinado ao cuidado ambulatorial pré-dialítico para os casos indicados (DRC estágios 4 e 5 pré-diálise) e para a diálise peritoneal, hemodiálise, confecção e reversão de fístulas arteriovenosas. A Secretaria de Estado da Saúde assumiu a gestão dos pacientes de todas as clínicas de Terapia Renal Substitutiva habilitadas no estado sendo que a gestão financeira fica a cargo de cada unidade. Este dispositivo valor do incremento estabelecido para a confecção de fistula arteriovenosa para hemodiálise no Estado de Santa Catarina atualmente é no valor de R\$ 1200,00, totalizando o valor de R\$ 2.059,20. Não foram encontrados na literatura este tipo apoio em nenhum outro estado do Brasil.

3.5. Arvore de Decisão

A técnica da árvore de classificação, um pilar fundamental no campo do aprendizado de máquina e da mineração de dados, tem uma história rica que se entrelaça com o desenvolvimento da inteligência artificial e da ciência da computação como um todo. Originada na década de 1960, a motivação por trás do surgimento das árvores de classificação foi a necessidade de métodos automáticos e eficientes para a tomada de decisões e classificação, especialmente em situações em que os dados podem ser complexos e multidimensionais.

Segundo Loh (2014), a gênese dessa técnica pode ser atribuída aos trabalhos iniciais sobre algoritmos de decisão, particularmente ao trabalho pioneiro de Morgan e Sonquist com o "Automatic Interaction Detector" (AID) no início dos anos 1960. AID foi um dos primeiros métodos a tentar dividir de forma recursiva um conjunto de dados em subconjuntos mais homogêneos com base em variáveis explicativas, visando uma melhor interpretação das interações entre variáveis.

No entanto, foi o trabalho subsequente de Ross Quinlan na década de 1980 que realmente catalisou a popularidade e a aplicabilidade das árvores de classificação. Quinlan desenvolveu o algoritmo ID3 (Iterative Dichotomiser 3), que introduziu o conceito de ganho de informação como critério para a seleção de atributos durante a construção da árvore (Quinlan, 1986). Esse desenvolvimento não apenas melhorou a eficiência do processo de

classificação, mas também tornou os modelos resultantes mais fáceis de interpretar.

A motivação principal por trás do desenvolvimento das árvores de classificação estava em sua capacidade de transformar dados complexos e não estruturados em uma estrutura simples e hierárquica, semelhante a uma árvore, facilitando assim a tomada de decisões. Isso era particularmente útil em diversas aplicações, desde a análise de dados de mercado até a diagnósticos médicos, onde a interpretabilidade e a simplicidade do modelo eram tão cruciais quanto sua precisão.

Ao longo dos anos, as árvores de classificação evoluíram e se diversificaram. A introdução do algoritmo C4.5 por Quinlan, uma extensão do ID3 que lidava com dados contínuos e valores ausentes, e a concepção de árvores de decisão com ensembles, como Random Forests e Gradient Boosting Trees, ampliaram significativamente o escopo e a eficácia dessas técnicas. Esses avanços permitiram que as árvores de classificação manejassem grandes volumes de dados, com uma variedade ainda maior de tipos de dados e cenários de aplicação (Loh, 2014).

As árvores de classificação são uma técnica de aprendizado de máquina poderosa e intuitiva, utilizada tanto para tarefas de classificação quanto de regressão. Elas operam dividindo o espaço de dados em subconjuntos menores com base em decisões lógicas, estruturadas de forma hierárquica semelhante a uma árvore, daí o nome. Começando com um conjunto de dados completo no nó raiz, as árvores de classificação iterativamente dividem os dados em ramos, usando critérios específicos para selecionar os atributos mais informativos para a divisão, até que os subconjuntos resultantes sejam os mais puros possível em termos da variável-alvo (Loh, 2011).

Essa técnica começa com a análise de todas as variáveis disponíveis e a escolha da que resulta na divisão mais significativa dos dados, com base em métricas como ganho de informação ou impureza de Gini. Este processo continua de maneira recursiva, criando uma estrutura de árvore onde cada nó interno representa uma decisão baseada em uma variável, e cada folha da árvore representa um valor predito da variável-alvo. O caminho da raiz até cada folha representa uma série de decisões que levam a uma predição específica.

Na área médica, as árvores de classificação são particularmente úteis devido à sua capacidade de lidar com variáveis de diferentes tipos (numéricas e categóricas) e à sua facilidade de interpretação. Médicos e pesquisadores podem facilmente compreender a lógica por trás das decisões da árvore, o que é crucial para diagnósticos, tratamento e comunicação com pacientes e outros profissionais de saúde. Por exemplo, uma árvore de classificação pode ser utilizada para identificar os fatores mais críticos que influenciam o resultado do tratamento de uma doença, permitindo o desenvolvimento de abordagens de tratamento personalizadas.

Segundo James *et al.* (2013), em comparação com outras técnicas analíticas, as árvores de classificação oferecem várias vantagens:

- Interpretabilidade: Ao contrário de muitos modelos de aprendizado de máquina, como redes neurais, as árvores de decisão são fáceis de entender e interpretar, mesmo para pessoas sem conhecimento técnico profundo.
- Flexibilidade: Elas podem tratar de dados numéricos e categóricos, lidando efetivamente com problemas complexos sem a necessidade de transformação de dados.
- Não paramétrico: As árvores de classificação não exigem que os dados atendam a suposições específicas de distribuição, tornando-as adequadas para uma ampla gama de dados.
- Robustez: São capazes de lidar com dados faltantes e outliers, o que é comum em conjuntos de dados médicos.
- Capacidade de lidar com interações não lineares: As árvores de classificação podem capturar relações não lineares entre as variáveis sem a necessidade de modelos complexos de interação, o que é frequentemente necessário em análises estatísticas tradicionais.

No entanto, é importante estar atento ao risco de sobreajuste, onde a árvore se torna muito complexa e capta o ruído dos dados de treinamento, reduzindo sua capacidade de generalizar para novos dados. Técnicas como poda da árvore e validação cruzada são essenciais para mitigar esse risco.

As árvores de classificação, pelo fato de ser uma técnica não paramétrica, encontraram uma ampla gama de aplicações empíricas em diversos campos, devido à sua capacidade de modelar relações complexas e sua facilidade de interpretação.

Na medicina, essa técnica desempenha um papel crucial na tomada de decisões clínicas e no diagnóstico de doenças. Por exemplo, as árvores de classificação são utilizadas para analisar dados de exames de pacientes, identificando padrões que podem indicar a presença de determinadas condições médicas, como doenças cardíacas ou tipos específicos de câncer. A clareza dos modelos de árvore de decisão é particularmente valiosa na comunicação dos fundamentos de diagnósticos e decisões de tratamento para os profissionais de saúde e pacientes.

O trabalho de Moslehi *et al.*, (2022), explorou a aplicabilidade de modelos de aprendizado de máquina baseados em árvores de decisão para classificar os fatores que afetam a mortalidade dos pacientes com COVID-19 em Hamadan, Irã. Este estudo destaca como as árvores de decisão, particularmente o método CART, podem ser utilizadas para identificar características significativas e prever desfechos em pacientes, fornecendo insights valiosos para a tomada de decisões médicas. Mais detalhes podem ser encontrados no artigo publicado no BMC Medical Informatics and Decision Making.

Na gestão de recursos naturais e conservação ambiental, as árvores de classificação são aplicadas para monitorar e prever fenômenos como mudanças no uso da terra, distribuição de espécies e riscos de incêndios florestais. Isso permite que organizações e governos tomem decisões mais informadas sobre a gestão sustentável de recursos e a implementação de medidas de conservação (Scyphers *et al.*, 2020).

Como afirmado anteriormente, uma árvore de classificação é composta por nós, que representam os testes sobre os atributos, e os ramos, que representam o resultado desses testes, levando a outros nós ou a folhas. As folhas da árvore representam as categorias (ou classes) de classificação.

Segundo Tan e colaboradores (2018), a primeira etapa na construção de uma árvore de classificação é selecionar o atributo que será utilizado para dividir o conjunto de dados. Este atributo é selecionado com base em medidas como ganho de informação, índice Gini ou redução de variância. Uma vez selecionado o atributo, o conjunto de dados é dividido em subconjuntos menores com base nos valores possíveis do atributo. Este processo é conhecido como "divisão".

Por sua vez, a etapa de divisão é aplicada recursivamente a cada subconjunto até que uma das condições de parada seja atendida, o que

geralmente ocorre quando todos os elementos de um subconjunto pertencem à mesma classe, ou quando alcançamos uma profundidade máxima da árvore.

O Ganho de Informação (Entropy) é uma das medidas mais comuns para seleção de atributos é o ganho de informação, que se baseia na entropia. A entropia é uma medida da impureza ou incerteza em um conjunto de dados. O ganho de informação é calculado pela diferença entre a entropia antes e depois da divisão. Em termos matemáticos é possível expressar o ganho de informação por meio da seguinte expressão.

$$\text{Ganho de Informação} = \text{Entropia(Antes)} - \sum_i \left(\frac{N_i}{N}\right) \text{Entropia(depois)},$$

Onde

N_i é o número de elementos no subconjunto i ,

N é o número total de elementos.

A Entropia é dada por:

$$\text{Entropia}(S) = -\sum_i p_i \log_2(p_i)$$

Em que p_i é a proporção de elementos da classe i no conjunto S .

Uma outra medida também utilizada é o índice de Gini, que é uma medida de impureza de um conjunto de dados. Um índice Gini de 0 indique que todos os elementos do conjunto pertencem à mesma classe. O índice de Gini para um conjunto de dados é calculado por meio da expressão:

$$\text{Índice Gini}(S) = 1 - \sum_i (p_i)^2$$

Barrientos *et al.* (2009) avaliaram o desempenho de algoritmos para a construção de árvores de decisão no diagnóstico médico, especificamente para o câncer de mama, usando dados reais de pacientes. Este estudo evidencia a contribuição das árvores de decisão para a tomada de decisão visual na medicina.

Outro estudo relevante foca na análise de saúde para detectar câncer de mama, onde um classificador de floresta aleatória foi utilizado para fazer previsões com base em dados de teste (Analytics Vidhya, 2021). A precisão e a matriz de confusão do modelo foram calculadas, destacando a importância da otimização de hiperparâmetros para evitar o sobre ajuste, uma preocupação comum ao usar modelos de aprendizado de máquina em dados médicos

Adicionalmente, a pesquisa conduzida no âmbito do estudo COMPASS (Battista, 2023), focada na saúde mental juvenil, comparou a performance de árvores de decisão com técnicas de regressão linear e logística. Este estudo demonstrou que as árvores de decisão podem identificar subgrupos de alto risco para direcionar esforços de prevenção e intervenção, ressaltando a utilidade das árvores de decisão em abordar questões de pesquisa complexas que métodos de regressão tradicionais não conseguem responder.

Dentre os conhecidos algoritmos de *machine learning*, um que se destaca pela sua estrutura visual e capacidade analítica é a árvore de decisão. O objetivo da árvore de decisão é explicar o comportamento de uma variável (variável dependente) em função de um conjunto de variáveis independentes, de maneira similar à análise de regressão. (Sacramento, 2021).

A estrutura da árvore de classificação é construída por meio de uma sequência ordenada de perguntas, onde as perguntas em cada passo dependem das respostas previamente obtidas. Esta sequência encerra em uma previsão de classe. O ponto de partida, conhecido como nó raiz, abrange todo conjunto de aprendizado, posicionando-se no ápice da árvore. Cada nó constitui em um subconjunto dos atributos e pode ser categorizado como terminal ou não terminal. Nós não-terminais se subdividem em nós filhos, uma divisão que ocorre com base em uma condição relativa ao valor de um atributo específico, segmentando os exemplos de acordo com essa condição. Por outro lado, um nó terminal não passa por divisão e é associado a uma classe específica. Cada exemplo do conjunto é direcionado para um dos nós terminais, finalizando a sequência de decisões da árvore de classificação. (Barbosa; Carneiro; Tavares, 2012).

Quando se propõe uma árvore de decisão, surge a necessidade de identificar os recursos mais eficazes (ou conjunto de recursos) a serem empregados em cada nó, a fim de fundamentar decisões (Casaroti; Centeno;

Fuchs, 2020). Esse modelo organiza-se hierarquicamente em formato de árvore, estabelecendo relações entre diferentes decisões para derivar o resultado da classificação dos ramos. Desta forma, a estrutura de árvore de decisão oferece um meio sistemático de decompor problemas complexos em uma série de escolhas mais simples, facilitando o processo de tomada de decisão em diversos contextos, desde diagnósticos médicos até análise de dados de diferentes campos de estudo.

O desfecho deste algoritmo gera sempre uma árvore binária que percorre da sua raiz até as folhas respondendo apenas a q questões simples de sim/não. (Da Fonseca, 1994). Sabe-se que as árvores menores são mais fáceis de serem entendidas e com capacidade de proporcionar mais precisão, portanto os algoritmos tendem a se preocupar em induzir árvores o menor possível.

O estudo conduzido por Rezapour e KhavaninZadeh (2014) teve como objetivo avaliar fatores potencialmente modificáveis associados aos distúrbios no Tempo de Maturação (TM) após a criação de Acesso Vascular (VA), utilizando a metodologia de análise de árvore de decisão. Neste estudo a abordagem metodológica destacou um impacto significativo da pressão arterial sistólica no atraso da maturação da Fístula Arteriovenosa (FAV), apresentando uma precisão de 70,59% para essa condição. A utilização de métodos de mineração de dados é extremamente valiosa na tomada de decisões médicas, pois permite a identificação de relações ocultas entre as condições clínicas do paciente, possibilitando prever a evolução do paciente em situações semelhantes em relação ao seu tratamento.

Em uma abordagem semelhante, Botelho *et al.*, (2021) conduziram um estudo utilizando a construção de árvores, concluindo que foi possível quantificar a probabilidade de ocorrência do excesso de volume de líquidos em pacientes renais crônicos submetidos à hemodiálise. Isso contribuiu para a inferência do Diagnóstico de Enfermagem "Excesso de Volume de Líquidos", utilizando dados específicos relacionados ao paciente.

Os resultados do estudo indicaram que a presença do fator relacionado "excesso de consumo de sódio" e das características definidoras "ingestão de líquidos" determinaram a probabilidade em 87,5% e 94,7%, respectivamente. A precisão da previsão das árvores foi registrada em 63% e 74%, respectivamente. Esses achados sugerem que a construção de árvores pode ser uma ferramenta

eficaz na identificação e previsão do diagnóstico de enfermagem em pacientes renais crônicos em tratamento de hemodiálise, utilizando dados específicos para direcionar a abordagem de cuidados.

Kayaaltý *et al.*, (2020) avaliaram a previsão da mortalidade em pacientes com lesão renal aguda internados em unidade de terapia intensiva (UTI) classificando o estado do paciente em mortalidade precoce, mortalidade tardia e sobrevida aplicando o algoritmo árvore de classificação e regressão aos resultados laboratoriais dos pacientes. Este estudo mostrou uma acurácia da classificação, sensibilidade e especificidade da árvore de classificação e regressão para os atributos testados para previsão de mortalidade precoce, mortalidade tardia e sobrevida dos pacientes foram de 90,00%, 83,33% e 91,67%, respectivamente.

4. INTERDISCIPLINARIEDADE

Para garantir a sustentabilidade financeira do serviço e a qualidade no tratamento do paciente é de suma importância envolver vários profissionais e setores, tais como: enfermeiros, técnicos de enfermagem, médicos, farmacêuticos, faturamento, compras, estoque, administrador financeiro e controller. Desta forma, assegura-se um tratamento equilibrado ao paciente e ao serviço de diálise, garantindo recursos necessários para realizar os procedimentos.

5. METODOLOGIA

5.1. Delineamento do Estudo

Trata-se de um estudo retrospectivo, observacional, do tipo coorte de pacientes com insuficiência renal crônica encaminhado para a confecção de fístula arteriovenosa de 150 pacientes em um centro cirúrgico ambulatorial (CCA) de uma clínica de nefrologia de Santa Catarina (SC) no período de janeiro de 2021 a outubro de 2021.

5.2. Amostragem

O referido centro cirúrgico ambulatorial realiza a confecção de FAV de pacientes oriundos de diversas cidades do norte Catarinense encaminhados pelo médico nefrologista assistente, tanto de pacientes com convênio quanto privados. Estima-se, com base nos dados locais do centro cirúrgico ambulatorial do período de janeiro de 2021 a outubro de 2021, uma amostragem de 150 pacientes durante o período do estudo.

5.3. Critérios de Inclusão

Foram incluídos todos os pacientes com doenças renais crônicas, de ambos os sexos e com idade igual ou superior a 18 anos, encaminhados para serem submetidos à confecção de fístula arteriovenosa.

5.4. Critérios de Exclusão

Todos os pacientes que vieram a óbito e solicitarem transferência a outras clínicas e possuíam convenio particular. Na análise financeira dos custos pelo SUS foram excluídos os pacientes atendidos por outros convênios.

5.5. Análise de Banco de Dados

Foram analisados os pacientes que farão a confecção da fístula no Centro Cirúrgico Ambulatorial da Fundação Pró Rim com os seguintes dados: gênero

(masculino, feminino), idade, raça (branca, parda, preta, amarela e indígena), comorbidades, (hipertensão, diabetes mellitus presença de infarto agudo do miocárdio ou cirurgia cardíaca prévia, artrite reumatoide, lúpus, amputações por causas vasculares já realizadas), valor de creatinina, medicação em uso (AAS, clopidogrel, anticoagulantes), etiologia da doença renal, tempo de tratamento com nefrologista, situação tabágica, índice de massa corporal (peso e altura), números de cateter de curta permanência e de longa permanência já utilizados.

Como base de dados foi utilizado o banco de dados obtidos por Gasparin (2022) utilizado na dissertação de mestrado em Saúde e Meio Ambiente.

Sobre o banco de dados serão adicionados os valores e custos financeiros obtidos a partir do sistema de gestão hospitalar Tasy EMR (Electronic Medical Record) criado pela Philips Healthcare desenvolvido na plataforma Delphi.

O Tasy EMR é um sistema de gestão em saúde integrada, que possui prontuário eletrônico único, integrado e de fácil acesso com maior controle dos processos de ponta a ponta (da entrada do paciente à apuração de custos), permitindo rastreabilidade em todos os pontos de cuidado, visão e gestão das unidades de atendimento. Possui acesso à informação em tempo real com possibilidade de análise de cenários futuros e facilidade na extração de dados, com dashboards e indicadores em tempo real.

Todos os dados foram transferidos para uma planilha do Microsoft Office Excel para análise dos dados.

5.6. Metodologia de Análise de Dados

As variáveis quantitativas foram avaliadas por sua média e desvio padrão. As variáveis qualitativas foram avaliadas por sua frequência e porcentagem. Foram comparados os custos financeiros dos pacientes submetidos a FAV no período relatado pelo estudo. Para a comparação dos dois grupos foram usados teste t student para as variáveis quantitativas e teste qui quadrado para as variáveis qualitativas. As variáveis relacionadas como preditores para o custo da FAV foram avaliadas através de regressão logística. Foram utilizados os softwares Excel (Microsoft) e o estatístico STATA, versão 10.0.

Outra metodologia de análise de dados aplicado foi a árvore de decisão de classificação. É uma técnica estatística que utiliza uma estrutura de árvore

para representar decisões e suas possíveis consequências. Neste estudo ela foi aplicada para identificar padrões e relações entre variáveis que auxiliam na avaliação do sucesso da maturação de fistula arteriovenosa.

A análise de árvore de decisão foi aplicada para classificar pacientes quanto ao sucesso ou insucesso na maturação de fístulas arteriovenosas. Este método visa identificar padrões e fatores críticos que influenciam positivamente ou negativamente o processo de maturação. Neste trabalho foi utilizado software R, com o pacote rpart.

As variáveis consideradas podem incluir características do paciente (idade, gênero...), condições clínicas (como diabetes, hipertensão), características da FAV (localização, diâmetro), e dados laboratoriais relevantes. Essas variáveis serão os critérios para a construção da árvore de decisão.

5.7. Aspectos éticos

Este estudo já tem o banco de dados homologado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do CEPE da UNIVILLE de acordo com o CAAE 38364920.0.3001.5362, pois os dados foram coletados por Gasparin (2022).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a amostra para a análises de árvore de decisão foi de 150 pacientes encaminhado para a confecção de fístula arteriovenosa em um centro cirúrgico ambulatorial (CCA) de uma clínica de nefrologia de Santa Catarina (SC) no período de janeiro de 2021 a outubro de 2021.

A amostra obtida para este estudo apresentou 40% (60) do sexo feminino e 60% (90) masculino, em termos de raça, 76,00% (114) da amostra eram de cor branca, pardos 22,66% (34) e pretos 1,33% (2). Em termos de tratamento de DRC da amostra total 58,67% (88) realizam algum tipo de tratamento (hemodiálise, diálise peritoneal ou transplante) e 41,33% (62) não realizam. Desta amostra 41,33 (62) realizavam tratamento tipo conservador, 1,33% (02) realizavam Diálise Peritoneal e 56,67 % (85) hemodiálise, sendo que 0,67% (1) era transplantado. Em relação a hábito de tabagismo 6,67% (10) eram tabagistas ativos, 38,67% (58) eram ex tabagistas e 54,67% (82) nunca fumaram. Os demais dados das amostras em termos de características gerais então descrito na tabela 01 abaixo descritos.

Tabela 1 - Características Gerais da Amostra de 150 Pacientes

Variável	média	Dv	Min	max
Idade	57,60	14,05	15,00	89,00
Altura	1,66	0,103	1,36	2,02
Peso	78,22	19,14	46,00	142,00
IMC	28,325	6,62	16,26	51,55
Tempo de dialise	6,03	17,02	0,00	132,00
Creatinina	6,41	3,29	1,40	19,00
Hematócrito	30,11	6,39	18,00	47,00
Plaquetas	173.078	121.899	128	555.000
PA ma	149,33	22,89	100	220,00
PA me	91,33	8,87	60	100,00
Prega cutânea	2,28	0,099	0,50	4,90
Quantidade fistula	1,41	0,804	1,00	6,00
Valor de veia	0,401	0,254	0,20	3,10
Valor da artéria	0,411	0,170	0,17	4,37

Dos parâmetros fisiológicos ainda temos que Hipertensão Arterial Sistêmica que 98% da amostra (147) eram hipertensos e 3% (3) eram

normotensos. Com relação ao uso de anticoagulantes 73,33 % (110) não faziam uso e 26,67 % (40) usavam. Da amostra total, 46% pacientes (69) eram diabéticos e 54% (81) não a possuíam.

Segundo Gasparin (2022), 36,67% dos pacientes (55) na confecção utilizaram o antebraço e 63,33% (95) a parte do braço. Em termos de cateter 44% (66) não foi feito o uso de catares e 56% (84) foi necessário o uso. O tipo de veias utilizada e das artérias bem como a frequência utilizada estão descritos na tabela 02 abaixo descrito.

Tabela 2 - Tipos e Frequência de Veias e Artérias Utilizadas para a Confecção da Primeira Fístula

	Veia		Artéria		
	Freq.	Percentual	Freq.	Percentual	
Basílica	19	12,67	Braquial	94	62,67
Braquial	3	2,00	Radial	55	36,67
Cefálica	124	82,67	Ulnar	1	0,67
Perfurante	4	2,67			

Foram gerados dois modelos de análise através da árvore de classificação, a fim de melhor verificar e determinar os fatores para a maturação da FAV. Os modelos foram obtidos por meio da árvore de classificação, que é um modelo pertencente à categoria de árvore de decisão. O primeiro modelo, levando em consideração 109 observações, leva em consideração o sucesso de maturação FAV em função de fatores demográficos e antropométricos, como idade, altura, peso, IMC, cor e sexo, bem como fatores clínicos de ordem geral, como a situação dialítica e o tempo de diálise.

A tabela a seguir mostra as estatísticas do resultado da árvore de classificação. O modelo que analisa fatores demográficos e clínicos apresenta uma estrutura de complexidade progressiva. Inicialmente, com um valor de complexidade de parâmetro (CP) de 0,05172414, não houve nenhuma divisão, indicando o modelo mais simples com erro relativo total. Ao aumentar a complexidade (com CP diminuindo para 0,03448276 e depois para 0,01000000), o modelo passou por 5 divisões. O aumento no número de divisões é acompanhado por uma redução no erro relativo, de 1,0000000 para 0,7931034,

sugerindo uma melhoria na precisão do modelo à medida que se torna mais complexo (tabela 03).

Tabela 3 - Estatísticas do Modelo de Fatores Demográficos e Clínicos

CP	Nsplit	Rel Error	Xerror	Xstd
0,05172414	0	1,0000000	1,000000	0,1590863
0,03448276	2	0,8965517	1,172414	0,1667857
0,01000000	5	0,7931034	1,344828	0,1725719

No entanto, é crucial notar que o erro de validação cruzada (Xerror) aumenta de 1,000000 para 1,344828, e o desvio padrão (Xstd) também aumenta, indicando que o modelo pode estar se tornando sobre ajustado aos dados de treinamento, perdendo capacidade de generalização.

Para organizar os resultados das análises de decisão realizadas com o pacote Rpart no R, podemos criar duas tabelas separadas, cada uma correspondente a um dos modelos analisados. A tabela 04 apresenta os resultados numéricos e as variáveis consideradas em cada modelo.

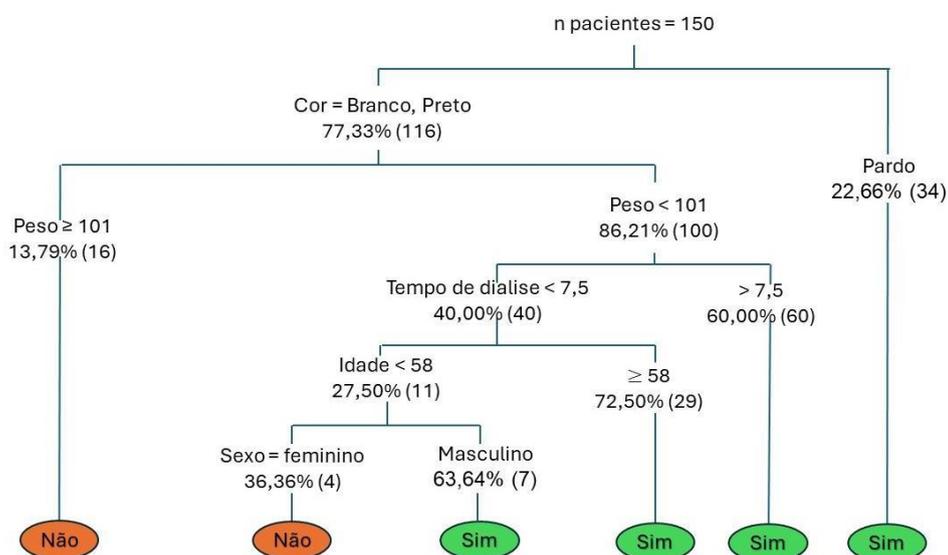
Tabela 4 - Análise de Fatores Demográficos e Clínicos

Variável	Importância no Modelo	Observações Adicionais
Peso	Mais importante	
IMC	Segunda mais importante	
Cor	Importante	Distinção baseada na cor
Sexo	Importante	Distinção adicional pela idade e sexo
Altura	Menos importante	
Tempo de Diálise	Menos importante	Distinção baseada no tempo de diálise
Idade	Menos importante	Distinção adicional pela idade e sexo
Tipo de Diálise	Menos importante	

Esta análise revelou que o peso e o IMC são fatores preponderantes na maturação renal, indicando uma ligação direta entre o estado nutricional e os resultados renais. Além disso, a cor e o sexo também emergiram como fatores relevantes, sugerindo possíveis variações na eficácia do tratamento ou acesso a ele, baseados em características demográficas.

Utilizando o modelo de árvore de decisão notamos que indivíduos da cor parda tem mais probabilidade de alcançarem uma taxa de sucesso maturação de FAV (Figura 01). Por outro lado, a árvore de decisão evidenciou que, quando se trata da cor branca, indivíduos com peso superior a 101 Kg, ou seja, portadores de obesidade, apresentaram uma taxa de sucesso significativamente. Indivíduos da cor preta foram incluídos devido à obesidade, sendo que o número é de 2, tornando difícil estabelecer a falta de sucesso na confecção com base na cor, sendo o mais provavelmente a obesidade como o fator determinante uma vez que estes pacientes tinham um IMC superior a 35.

Figura 1 - Resultados da Análise de Árvore de Decisão em Relação aos Aspectos Fisiológicos



Fonte: os autores.

Para aqueles com peso inferior a 101 Kg, submetidos a diálise por um período inferior a 7,5 meses e com idade inferior a 58 anos os pacientes de sexo feminino, a árvore de decisão apontou uma taxa de insucesso na maturação de quando comparado a mesma faixa com o do sexo masculino.

O sucesso da maturação da primeira fístula em relação à raça do paciente é influenciado por diversos fatores. Pesquisas sugerem que a eficiência da distribuição sanguínea no membro superior pode ser influenciada por fatores como métodos de exsanguinação (Blønd; Madsen, 2002), tipo de exercício (Freyschuss, 1975) e restrição do fluxo sanguíneo (Borges *et al.*, 2018). Blønd e Madsen (2002) descobriu que métodos externos, como a bandagem Esmarch e o Pomidor roll-cuff, foram mais eficazes do que a elevação isolada na redução do volume sanguíneo no membro superior. Freyschuss (1975) relatou que o exercício para os braços resultou em maior consumo de oxigênio e frequência cardíaca em comparação ao exercício para as pernas, com eficiência mecânica semelhante em ambos os sexos. Borges e colaboradores (2018) destacaram o papel da circunferência do braço e da pressão arterial sistólica na estimativa da restrição do fluxo sanguíneo dos membros superiores, sem diferenças significativas entre homens e mulheres. White e Montgomery (1996) descobriram que as mulheres tinham maior acúmulo de sangue na região pélvica durante a pressão negativa na parte inferior do corpo, indicando possíveis diferenças de gênero na distribuição do sangue.

Segundo Dunn e colaboradores (2015) relataram que, mulheres e diabéticos, que têm maior probabilidade de serem descendentes de hispânicos ou afro-americanos, têm tempos de maturação mais longos para as suas fístulas. Isto é ainda agravado pelo facto de os pacientes negros e hispânicos terem menos probabilidade de iniciar a hemodiálise com uma fístula arteriovenosa (FAV) em comparação com os pacientes brancos, como demonstrado por Zarkowsky e colaboradores (2015). Em relação um perfil mais recente da população hispânica, comparando as suas características demográficas e socioeconómicas com as da população branca não-hispânica. No entanto, nenhum destes estudos aborda especificamente a percentagem de brancos, pardos e negros na população hispânica (Ramirez, De La Cruz, 2013). A localização da primeira fístula também desempenha um papel, estando as fístulas no antebraço associadas a uma maior incidência e duração do uso do cateter, o que pode atrasar a maturação (Diskin *et al.*, 2015). Esses achados sugerem que raça, gênero e comorbidades podem impactar o sucesso da maturação da fístula.

O segundo modelo, focado em fatores de tratamento e dados laboratoriais, começa com um CP mais alto (0,12068966), sem divisões e um erro relativo de 1,0000000. À medida que o modelo se torna mais complexo (diminuição do CP para 0,03448276 e depois 0,01000000), ele realiza 3 divisões. O erro relativo diminui para 0,7241379, indicando uma melhoria na capacidade do modelo de se ajustar aos dados.

Com base nas informações disponíveis no documento, posso criar tabelas que resumem as estatísticas dos modelos gerados pelo pacote Rpart no R. As tabelas incluirão detalhes como o número de divisões (nsplit), o erro relativo (rel error), o erro cruzado (xerror) e o desvio padrão do erro cruzado (xstd), além da importância das variáveis (tabela 05).

Tabela 5 - Estatísticas do Modelo de Fatores de Tratamento e Dados Laboratoriais

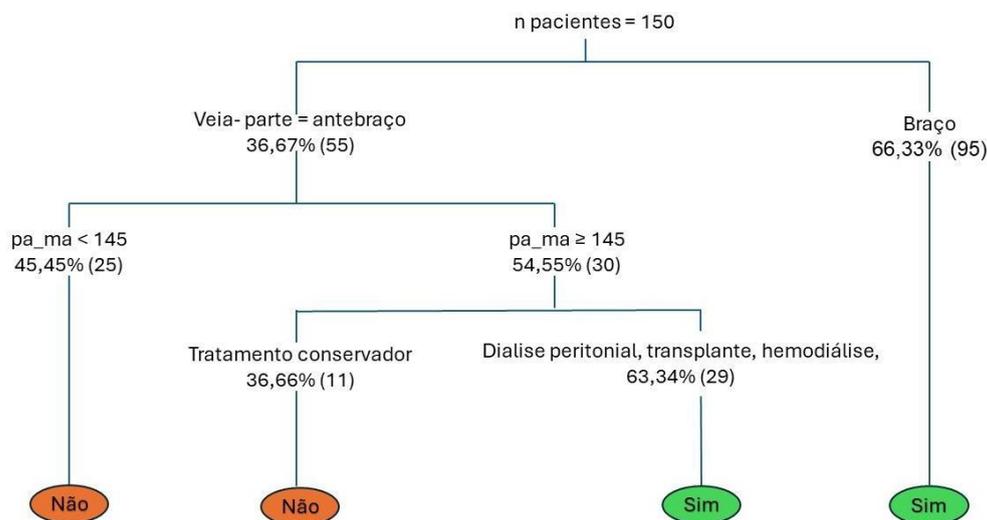
CP	Nsplit	Rel Error	Xerror	Xstd
0,12068966	0	1,0000000	1,000000	0,1590863
0,03448276	2	0,7586207	1,413793	0,1743954
0,01000000	3	0,7241379	1,724138	0,1793906

A tabela 05 fornece um resumo das métricas de desempenho dos modelos de árvore de decisão gerados, incluindo informações sobre a complexidade do modelo (CP), a quantidade de divisões feitas durante o treinamento (Nsplit), o erro relativo do modelo em relação ao dataset de treinamento (Rel Error), e o erro e desvio padrão estimados por validação cruzada (Xerror e Xstd, respectivamente). Estes detalhes são fundamentais para entender a robustez e confiabilidade dos modelos desenvolvidos.

No entanto, similar ao primeiro modelo, o Xerror aumenta significativamente para 1,724138, com um aumento correspondente no Xstd. Este padrão sugere que, apesar do modelo se ajustar bem aos dados de treinamento, ele pode estar enfrentando desafios em generalizar para novos dados, indicando potencial sobre ajuste.

Como base nesta análise da árvore de decisão foi feita a relação aos locais de confecção da primeira fistulas e o tipo de tratamento descrito na figura 02.

Figura 2 - Resultados da Análise de Árvore de Decisão em Relação aos Locais de Confecção da Primeira Fístula e o Tipo de Tratamento



Fonte: os autores.

A segunda análise, focada em fatores de tratamento e laboratoriais, também com 109 observações, identificou a parte da veia utilizada, a pressão arterial média (pa_ma), o tipo de artéria, o tratamento específico, a pressão arterial média menor (pa_me) e os níveis de creatinina como as variáveis mais significativas. A localização da veia (veia_parte) foi a mais crucial, enfatizando a importância da anatomia vascular na maturação renal. Além disso, a pressão arterial e os tipos de tratamento dialítico mostraram-se como fatores determinantes, destacando a relevância das condições fisiológicas e das modalidades de tratamento no processo de maturação renal. Gasparin (2022) estudou com a mesma base de dados utilizado neste trabalho, porém utilizou outra metodologia de avaliação com base a modelos estáticos univariados e multivariados demonstrou que em pacientes do sexo masculino apresentara tendência para uma maior taxa na maturação da FAV na análise univariada, essa associação não se manteve na análise multivariada na amostra estudada. No modelo de árvore de decisão ficou comprovado que o sexo masculino e

determinante para o sucesso, porém, condicionados a paciente com peso menor que 101 quilos, com tempo de diálise menor que 7,5 meses, com idade menor que 58 anos.

De acordo Diskin e colaboradores (2015) foi observado que apesar de serem mais jovens ($p < 0,0001$), não diabéticos ($p < 0,0001$), sem doença vascular ($p < 0,0001$) e colocados há mais tempo antes do início da diálise ($p = 0,03$), os pacientes com fístulas no antebraço eram significativamente mais propensos a necessitar de um cateter para iniciar diálise ($p < 0,0001$) e o tempo de uso foi significativamente maior do que nas fístulas do braço. As fístulas colocadas antes do início da diálise necessitaram de menor tempo de maturação. Estes resultados são compatíveis ao observados no presente trabalho.

Com base ao segundo modelo chegou-se a seguinte conclusão descrito na tabela 06.

Tabela 6 - Análise de Fatores Fisiológicos e Laboratoriais

Variável	Importância no	
	Modelo	Observações Adicionais
Parte da Veia	Muito importante	Variável mais importante
Pressão Arterial Média maior	Muito importante	-
Tipo de Artéria	Importante	-
Tipo de Tratamento	Importante	-
Pressão Arterial Média Menor	Importante	-
Creatinina	Importante	-

A influência do valor da creatinina na maturação da fístula arteriovenosa nas doenças renais crônicas é uma questão complexa. Estudos demonstraram que o aumento da rigidez arterial está associado à redução da depuração de creatinina, indicando uma ligação potencial entre a função renal e a saúde vascular (Safar *et al.*, 2004). Além disso, a progressão da insuficiência renal crônica é frequentemente marcada por um declínio na concentração recíproca

de creatinina sérica (Mitch *et al.*, 1976). A doença renal crônica também está associada a inflamação de baixo grau, disfunção endotelial e ativação plaquetária, o que pode impactar a maturação da fístula arteriovenosa (Landray *et al.*, 2004). Em pacientes com hipertensão e insuficiência renal, pode ocorrer um aumento na concentração sérica de creatinina à medida que a pressão arterial diminui, mas isso não deve necessariamente levar a uma redução no tratamento anti-hipertensivo (Palmer, 2002).

A junção desses resultados numéricos e suas interpretações fornece um panorama abrangente dos fatores que influenciam a maturação renal em pacientes dialíticos. Essa análise multidimensional sugere que tanto características individuais do paciente quanto aspectos específicos do tratamento desempenham papéis significativos nos resultados renais. Estes insights são fundamentais para o desenvolvimento de estratégias de tratamento mais personalizadas e podem servir como base para pesquisas futuras na área da nefrologia e dialise.

Estas análises do Rpart fornecem insights valiosos sobre os fatores que influenciam a maturação renal em pacientes dialíticos. Aspectos como composição corporal, características demográficas, localização anatômica da veia, pressão arterial e tipo de tratamento são fundamentais. Estes resultados podem orientar abordagens terapêuticas mais personalizadas e informar futuras pesquisas na área.

Ambos os modelos demonstram uma tendência a se ajustar melhor aos dados com o aumento da complexidade, como indicado pela redução do erro relativo. No entanto, o aumento do erro de validação cruzada e do desvio padrão em ambos os modelos apontam para um sobre ajuste, uma armadilha comum em modelos de árvore de decisão, especialmente em contextos com uma quantidade moderada de dados. Essa análise sugere a necessidade de um equilíbrio cuidadoso entre a complexidade do modelo e a sua capacidade de generalizar para dados não vistos, potencialmente através da poda da árvore ou da utilização de técnicas de validação cruzada mais rigorosas.

Da avaliação dos custos financeiros foi priorizado os pacientes que realizaram o procedimento pelo SUS, desta forma utilizando 134 pacientes, sendo os outros 16 pacientes excluídos desta etapa por serem provenientes de convênios de saúde particulares.

Dentro da portaria nº 1331 de 27/11/13 SAS estão previstos de valores constantes para cada procedimento dos custos de taxa de sala (R\$ 482,08), caixa instrumental de fistula (R\$ 133,30), fio de sutura não absorvido (R\$ 10,07), taxa de sala (R\$ 250,00), kit cirúrgico (R\$ 878,71) e honorários médicos (R\$ 600,00) perfazendo um total de R\$ 1.564,16. Como valores variáveis estão inclusos os medicamentos e os materiais em gerais com valores respectivamente de R\$ 26,55 (4,65) e R\$ 162,22 (16,79). O valor médio final por procedimentos fiou em torno de R\$ 1.752,93.

A coleta de dados e os valores recebidos do SUS obedeceram aos valores estabelecidos na portaria nº 1331 de 27/11/13 SAS no valor de R\$ 600,00 por procedimento. Segundo dados obtidos pelo Sistema de gestão financeira do Instituto Pró Rim (Tasy) os valores de taxa de sala forma constantes e no valor de R\$ 482,08 por procedimento. O custo de medicamento obteve uma média de R\$ 26,51, tendo como valor referencial foi de R\$ 26,55 (4,65). O custo que mais variou nos procedimentos foi relacionado aos materiais usados onde foi obtido uma média geral de R\$ 162,22 (16,79)

Em termos de custo gerais finais foi obtido uma média de R\$ 1.752,93 (19,44). Tendo como comparação aos valores pagos pelo SUS de R\$ 600,00 houve para o período uma defasagem de 292,15%, em relação à média previamente encontrada, por parte do executor de serviço.

Em 2022, houve uma alteração nestes valores pelo SUS através da PORTARIA nº 1388 de 09/06/22 GM altera Serviço Ambulatorial para o valor de R\$ 859,20 por procedimento. Se tomarmos este valor como referência a defasagem ainda ficaria em 204,01%. No Estado de Santa Catarina, através da portaria nº 1.675, de 7 de junho de 2018 foi adicionado para cada paciente o valor de R\$ 1200,00. Este valor foi somado ao valor de R\$ 600,00 reais estabelecidas pelo SUS no período de coleta de dados, totalizando o valor de R\$ 1800,00.

Tendo como referência este valor (R\$ 1800,00), para os estabelecimentos do estado de Santa Catarina todos os procedimentos estão cobertos pelos valores recebidos. Em termos de análises estatísticas, em função da baixa variação entre os parâmetros analisados não foi possível estabelecer correlações significativas.

7. CONCLUSÃO

Nossos resultados mostram que o uso de modelos com base a árvore de decisão apresentou resultados que ajudaram a compreender quais os principais parâmetros e o perfil dos pacientes que resultaram numa maior eficiência de maturação da fistula arteriovenosa em pacientes portadores de doenças renais crônicas.

A parâmetro peso foi o mais importante seguido do IMC. A raça dos pacientes se mostrou um fator determinante. O sexo dos pacientes se torna um fator importante quando relacionado a idade do paciente, sendo o sexo masculino, em pessoas com peso abaixo de 100 quilos e idade inferior a 58 anos apresentam resultados positivos quando comparados as mesmas características do sexo feminino que apresentaram um baixo sucesso da maturação.

Os parâmetros anotações psicológicas que apresentaram uma maior importância para este sucesso foi o local de confecção tendo o braço como variante mais importante, seguido do tipo de artéria, o valor de creatinina e a pressão arterial menor e maior, bem como o tipo de tratamento.

Em termos de avaliação dos custos do procedimento para a confecção de primeira fistula somente pelo SUS os valores disponíveis não contemplam todas as despesas necessárias. No caso específico do Santa Catarina, que disponibiliza um determinado valor, através de medida complementar, para todos os pacientes do sistema SUS ficou demonstrado a viabilidade financeira para a confecção da primeira fistula em doente renal crônico.

REFERÊNCIAS

- AKBILGIC, Oguz et al. Aprendizado de máquina para identificar pacientes em diálise com alto risco de morte. **Relatórios internacionais sobre rins**, v. 4, n. 9, pág. 1219-1229. 2019.
- ALCALDE, P. R., & KIRSZTAJN, G. M. Gastos do Sistema Único de Saúde brasileiro com doença renal crônica. **Brazilian Journal of Nephrology**, 40, 122-129. 2018
- AMMIRATI, Adriano Luiz. Chronic Kidney Disease. Revista da Associação Médica Brasileira, São Paulo, v. 66, n. 1, p. 03-09, jan. 2020.
- ANALYTICS VIDHYA. "Decision tree for healthcare analysis | Detect breast cancer." Disponível em: <https://www.analyticsvidhya.com/>
- BARBOSA, M. J.; CARNEIRO, TGS; TAVARES, Andrea labrudi. Métodos de Classificação por Árvores de Decisão Disciplina de Projeto e Análise de Algoritmos. UFOP–Universidade Federal de Ouro Preto Ouro Preto, Minas Gerais–MG, 2012.
- BARRIENTOS MRE, CRUZ RN, ACOSTA MHG, RABATTE SI, GOGESCOECHEA TMC, PAVÓN LP, BLÁZQUEZ MORALES SL. "Decision trees as a tool in the medical diagnosis." Rev Med UV. 2009.
- BASILE, C., DAVENPORT, A., MITRA, S., PAL, A., STAMATIALIS, D., CHRYSOCHOU, C., & KIRMIZIS, D. Fronteiras em hemodiálise: inovações e avanços tecnológicos. *Órgãos artificiais*, 45 (2). 2021.
- BATTISTA, Katelyn et al. Examining the use of decision trees in population health surveillance: an application to youth mental health survey data in the COMPASS study. **Health Promotion and Chronic Disease Prevention in Canada: Research, Policy and Practice**, v. 43, n. 2, p. 73, 2023.
- Berthoux, F., Mohey, H., Laurent, B., Mariat, C., Afiani, A., & Thibaudin, L. (2011). Predicting the risk for dialysis or death in IgA nephropathy. *Journal of the American Society of Nephrology*, 22(4), 752-761.
- BLOEMBERGEN, W. E., & PORT, F. K. (1996). Epidemiological Perspective on Infections in Chronic Dialysis Patients. *Advances in renal replacement therapy*, 3(3), 201-207.
- Blond, L., & Madsen, J. L. (2002). Exsanguination of the upper limb in healthy young volunteers. *The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume*, 84(4), 489-491.
- BLOOM, Roy D.; REESE, Peter P. Chronic kidney disease after nonrenal solid-organ transplantation. *Journal of the American Society of Nephrology*, 2007, 18.12: 3031-3041.

- Borges, A., Teodósio, C., Matos, P., Mil-Homens, P., Pezarat-Correia, P., Fahs, C., & Mendonca, G. V. (2018). Sexual dimorphism in the estimation of upper-limb blood flow restriction in the seated position. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(7), 2096-2102.
- BOTELHO, M. L., CORREIA, M. D. L., MANZOLI, J. P. B., MONTANARI, F. L., CARVALHO, L. A. C., & DURAN, E. C. M. (2021). Árvore de classificação para inferência do diagnóstico de enfermagem Volume de Líquido Excessivo (00026). *Revista da Escola de Enfermagem da USP*, 55, e03682.
- BREVETTI, Gregório *et al.* A disfunção endotelial na doença arterial periférica está relacionada ao aumento dos marcadores plasmáticos de inflamação e à gravidade do comprometimento circulatório periférico, mas não aos fatores de risco clássicos e à carga aterosclerótica. *Revista de cirurgia vascular*, v. 38, n. 2, pág. 374-379, 2003.
- CANZIANI, M.E.F., KIRSZTAJN G. M. Doença Renal Crônica. Manual prático uso diário ambulatorial e hospitalar. Rio de Janeiro Editora. Balieiro. 2º Edição. Ano: 2017. Página (38-40).
- CARVALHO, J. L. *et al.* Risk Factors for Patients Showing Arteriovenous Fistula Recurrent Failure: fatores de risco para pacientes com falência recorrente de fístula arteriovenosa. **Cuidados Fundamental: Proc IMechE Parte H**: Rio de Janeiro, v. 5, n. 11, p. 1188-1193. 2019.
- CASAROTI, C. J., CENTENO, J. A. S., & FUCHS, S. A perceptron-based feature selection approach for decision tree classification. *Boletim de Ciencias Geodesicas*, 26(3), 1–17. 2020.
- CETAX. Data Mining (Mineração de Dados): O que é, conceito definição. Disponível em: <<https://cetax.com.br/data-mining/>>. Acesso em: 13 fev. 2024.
- CHARLEONNAN, Anusorn, *et al.* Predictive analytics for chronic kidney disease using machine learning techniques. *In: 2016 management and innovation technology international conference (MITicon)*. 2016.
- CHEN, T. K., KNICELY, D. H., & GRAMS, M. E. Chronic kidney disease diagnosis and management: a review. *Jama*, 322(13), 1294-1304. 2019.
- CHUNG, KK, BATCHINSKY, AI, & STEWART, I. 14 Suporte endovascular a órgão extracorpóreo para trauma e choque vascular. *Trauma Vascular de Rich*, 158. 2021.
- COCKWELL, P., & FISHER, L. A. The global burden of chronic kidney disease. *The Lancet*, 395(10225), 662-664. 2020.
- COLLINS, A. J., FOLEY, R. N., HERZOG, C., CHAVERS, B. M., GILBERTSON, D., ISHANI, A., ... & AGODOA, L. Excerpts from the US renal data system 2009 annual data report. *American journal of kidney diseases*, 55(1), A6-A7. 2010.

- Como funciona o algoritmo de Árvore de Decisão (Decision Tree). Disponível em: <<https://didatica.tech/como-funciona-o-algoritmo-arvore-de-decisao/>>.
- CORREIA, Bianca Rafaela *et al.* Avaliação clínica da maturação da fístula arteriovenosa para hemodiálise: revisão de escopo. **Acta Paulista de Enfermagem**, [S.L.], v. 34, n. 232, p. 1-11. 2020.
- CRISTINA, L. *et al.* Construção de modelo lógico da linha de cuidado da pessoa com doença renal crônica. [s.l: s.n.]. 2022.
- DA FONSECA, JMMR Indução de Árvores de Decisão. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa. 1994.
- DA SILVA, Manuelle Rodrigues *et al.* Qualidade de vida de pacientes renais crônicos submetidos à hemodiálise: Uma revisão integrativa. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 3, n. 4, p. 9344-9374, 2020.
- DALRYMPLE, L. S., & GO, A. S. (2008). Epidemiology of acute infections among patients with chronic kidney disease. **Clinical Journal of the American Society of Nephrology**, 3(5), 1487-1493. 2008.
- DE BOER, I. H., KHUNTI, K., SADUSKY, T., TUTTLE, K. R., NEUMILLER, J. J., RHEE, C. M., ... & BAKRIS, G. (2022). Diabetes management in chronic kidney disease: a consensus report by the American Diabetes Association (ADA) and Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO). **Diabetes care**, 45(12), 3075-3090. 2022.
- DE CASTRO BARRETO, GAP, DE LIMA, TMC, OLIVEIRA, TF, BARROS, MMA, COSTA, ICM, FERNANDES, GDSC, ... & DOS SANTOS, MMP. O autocuidado da doença renal crônica com fístula arteriovenosa. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, 13 (6), e7968-e7968. 2021.
- DISKIN, C. J., STOKES, T. J., DANSBY, L. M., RADCLIFF, L., CARTER, T. B., & LAZENBY, A. The first fistula: influence of location on catheter use and the influence of catheter use on maturation. **International urology and nephrology**, 47, 1571-1575. 2015.
- DUMONT, L. S. A., MANATA, I. C., OLIVEIRA, V. A. C. D., ACIOLI, M. L. B., PINA, G. C., REAL, L. L. C., & MACEDO, R. G. Doença renal crônica: doença subdiagnosticada? Análise epidemiológica em um centro de diálise. **Research, Society and Development**, 10(14), e523101422278-e523101422278. 2021.
- DUNN, J., HERSCU, G., & WOO, K. Factors influencing maturation time of native arteriovenous fistulas. **Annals of vascular surgery**, 29(4), 704-707. 2015.
- ECKARDT, K. U., BERNS, J. S., ROCCO, M. V., & KASISKE, B. L. Definition and classification of CKD: the debate should be about patient prognosis—a position statement from KDOQI and KDIGO. **American journal of kidney diseases**, 53(6), 915-920. 2009.

ESTADO DE SANTA CATARINA SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE -SUS PLANO OPERATIVO PARA ORGANIZAÇÃO DA LINHA DE CUIDADO DA PESSOA COM DOENÇA RENAL CRÔNICA EM SANTA CATARINA FLORIANÓPOLIS NOVEMBRO 2018. (2018). Disponível em: <https://www.saude.sc.gov.br/index.php/documentos/legislacao-principal/anexos-de-deliberacoes-cib/anexos-deliberacoes-2018/14728-anexo-297-plano-operativo/file>. Acesso em: 13 fev. 2024.

FERNÁNDEZ PÉREZ, RAÚL; ROMERO SÁNCHEZ, RAMÓN; FERRER PADRÓN, ALEJANDRO. Fístulas arteriovenosas para hemodiálisis.: Estudio de un año. **Revista Archivo Médico de Camagüey**, v. 12, n. 5, p. 0-0, 2008.

FOLEY, R. N. Infections in patients with chronic kidney disease. **Infectious disease clinics of North America**, 21(3), 659-672. 2007.

FRAZÃO, A. Insuficiência renal: o que é, sintomas, causas e tratamento. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, 3(8), 26-32. 2021.

FREYSCHUSS, U. Comparison between arm and leg exercise in women and men. **Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation**, 35(8), 795-800. 1975.

GASPARIN, C., LIMA, H. D. N., REGUEIRA FILHO, A., MARQUES, A. G. B., & ERZINGER, G. (2023). Preditores da maturação de fístula arteriovenosa de pacientes em hemodiálise: coorte prospectiva de um centro cirúrgico ambulatorial, Joinville, Brasil. **Brazilian Journal of Nephrology**, 45, 287-293.

GASPARIN, Claudete. Fatores Associados ao Sucesso na Maturação de Fístula Arteriovenoso em Pacientes com Doença Renal Crônica. Dissertação de mestrado em Saúde e Meio Ambiente, UNIVILLE, 2022.

GOUVEIA, Denise Sbrissia e Silva; BIGNELLI, Alexandre Tortoza; HOKAZONO, Silvia Regina; DANUCALOV, Itamara; SIEMENS, Tobias August; MEYER, Fernando; SANTOS, Luiz Sergio; MARTINS, Ziliane Caetano Lopes; MIERZWA, Tiago César; FURQUIM, Raquel. Analysis of economic impact among modalities of renal replacement therapy. **Jornal Brasileiro de Nefrologia**, [S.L.], v. 39, n. 2, p. 164-164, 2017.

HEALTHCARE ENGINEERING, J. O. Retracted: Diagnosis of Chronic Kidney Disease by Three-Dimensional Contrast-Enhanced Ultrasound Combined with Augmented Reality Medical Technology. **Journal of healthcare engineering**. 2023.

HOPKINS, C., *et al.*, Stem cell options for kidney disease. **The Journal of Pathology: A Journal of the Pathological Society of Great Britain and Ireland**. 2009.

- IBEAS, Jose et al. Mo766 early arteriovenous fistula failure prediction with artificial intelligence: a new approach with challenging results. **Nephrology Dialysis Transplantation**, v. 36, n. Supplement_1, p. gfab103. 004, 2021.
- JAMES, G., WITTEN, D., HASTIE, T., & TIBSHIRANI, R. "An Introduction to Statistical Learning: with Applications in R." **Springer**. 2013.
- JHA, Vivekanand, *et al.*, Chronic kidney disease: global dimension and perspectives. **The Lancet**. 2013.
- JÚNIOR C. S. M, FERNANDES N M, S, COLUGNATI F. A.B O tratamento multidisciplinar para pacientes com doença renal crônica em pré-diálise minimiza os custos: uma análise de coorte retrospectiva de quatro anos 2021. **Braz. J. Nephrol.** 2021.
- JUNIOR, J. E. R. Doença Renal Crônica: Definição, Epidemiologia e Classificação. **J. Bras. Nefrol.**, v. 26, n. 3 suppl. 1, p. 1–3, 23 set. 2004.
- K/DOQI clinical practice guidelines for chronic kidney disease: evaluation, classification and stratification. **Am J Kidney Dis** 2002; 39:(Suppl 2): S1-S246.
- KAYAALTI S, KAYAALTI O, HAKAN AKSEBZECI B. A decision support system for the prediction of mortality in patients with acute kidney injury admitted in intensive care unit. **J Appl Biomed.** 2020.
- KHAVANIN ZADEH, Morteza; REZAPOUR, Mohammad; SEPEHRI, Mohammad Mehdi. Data mining performance in identifying the Risk Factors of early arteriovenous fistula failure in Hemodialysis Patients. **International journal of hospital research**, v. 2, n. 1, p. 49-54, 2013.
- KIRSZTAJN, G. M. *et al.* Leitura rápida do KDIGO 2012: Diretrizes para avaliação e manuseio da doença renal crônica na prática clínica. **Brazilian Journal of Nephrology**, v. 36, p. 63–73, 2014.
- KORDZADEH, Ali; ESFAHLANI, Shabnam Sadeghi. The role of artificial intelligence in the prediction of functional maturation of arteriovenous fistula. **Annals of Vascular Diseases**, v. 12, n. 1, p. 44-49, 2019.
- KUSUMOTO, Luciana; MARQUES, Sueli; HAAS, Vanderlei José; RODRIGUES, Rosalina Aparecida Paterzani. Adultos e idosos em hemodiálise: avaliação da qualidade de vida relacionada à saúde. **Acta Paulista de Enfermagem**, [S.L.], v. 21, n., p. 152-159, 2008.
- LANDRAY, M. J., WHEELER, D. C., LIP, G. Y., NEWMAN, D. J., BLANN, A. D., MCGLYNN, F. J., ... & BAIGENT, C. Inflammation, endothelial dysfunction, and platelet activation in patients with chronic kidney disease: the chronic renal impairment in Birmingham (CRIB) study. **American journal of kidney diseases**. 2004.
- LEE, H.*et. al.* Role of peribrachial fat as a key determinant of brachial artery dilatation for successful arteriovenous fistula maturation in hemodialysis

patients. **Scientific Reports: RelatóRios científicos**, Califórnia, v. 10, n. 1, p. 1-9. 2020.

LEVEY, A. S., & CORESH, J. Chronic kidney disease. **The lancet**. 2012.

LEVEY, A. S., CORESH, J., BALK, E., KAUSZ, A. T., LEVIN, A., STEFFES, M. W., ... & EKNOYAN, G. National Kidney Foundation practice guidelines for chronic kidney disease: evaluation, classification, and stratification. **Annals of internal medicine**. 2003.

LEVEY, A. S., CORESH, J., BOLTON, K., CULLETON, B., HARVEY, K. S., IKIZLER, T. A., ... & BRIGGS, J. K/DOQI clinical practice guidelines for chronic kidney disease: evaluation, classification, and stratification. **American Journal of Kidney Diseases**. 2002.

LEVEY, A. S., DE JONG, P. E., CORESH, J., EL NAHAS, M., ASTOR, B. C., MATSUSHITA, K., ... & ECKARDT, K. U. The definition, classification, and prognosis of chronic kidney disease: a KDIGO Controversies Conference report. **Kidney international**. 2011.

LEVEY, A. S., ECKARDT, K. U., TSUKAMOTO, Y., LEVIN, A., CORESH, J., ROSSERT, J., ... & EKNOYAN, G. Definition and classification of chronic kidney disease: a position statement from Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO). **Kidney international**, 2005.

LEVEY, A. S., STEVENS, L. A., & CORESH, J. Conceptual model of CKD: applications and implications. **American journal of kidney diseases**. 2009.

LOH, W.-Y. "Classification and regression trees." *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery*, 1(1), 14-23. 2011.

LOH, W.-Y. "Fifty Years of Classification and Regression Trees". **International Statistical Review**, 82(3), 329–348. 2014.

LOWRIE, Edmundo G.; LEW, Nancy L. Risco de morte em pacientes em hemodiálise: o valor preditivo de variáveis comumente medidas e uma avaliação das diferenças nas taxas de mortalidade entre instalações. **Jornal Americano de Doenças Renais**, v. 5, pág. 458-482, 1990.

LV, Ji-Cheng; ZHANG, Lu-Xia. Prevalence and disease burden of chronic kidney disease. **Renal fibrosis: mechanisms and therapies**. 2019.

MALLAPPALLIL, Mary, *et al.* Chronic kidney disease in the elderly: evaluation and management. **Clinical Practice (London, England)**. 2014.

MENEZES, F. G. D., BARRETO, D. V., ABREU, R. M., ROVEDA, F., & PECOITS FILHO, R. F. S. Overview of hemodialysis treatment funded by the Brazilian Unified Health System-An economic perspective. **Brazilian Journal of Nephrology**, 37, 367-378. 2015.

MEZZATESTA, S., TORINO, C., DE MEO, P., FIUMARA, G., & VILASI, A. A machine learning-based approach for predicting the outbreak of

cardiovascular diseases in patients on dialysis. **Computer methods and programs in biomedicine**. 2019.

Ministério da Saúde lança Linha de Cuidado da Doença Renal Crônica em Adultos. Disponível em: <https://aps.saude.gov.br/noticia/15716>.

MISRA, M. The basics of hemodialysis equipment. **Hemodialysis International**, 9(1), 30-36. 2005.

MITCH, W. E., WALSER, M., BUFFINGTON, G. A., & LEMANN JR, J. A simple method of estimating progression of chronic renal failure. **The Lancet**. 1976.

MOLINA ALFONSO, S., ORRET CRUZ, D., PÉREZ RODRÍGUEZ, A., & GUTIÉRREZ GARCÍA, F. Supervivencia de las fístulas arteriovenosas en pacientes en hemodiálisis. **Revista Cubana de Cirugía**. 2012.

MOSLEHI, N.; Jahromy, M.; Ashrafi, P.; Vatani, K.; Nemati, M.H.; Moghadam, P.; Rostamian, F.; Jahromi, M. Multi-organ system involvement in coronavirus disease 2019 (COVID-19): **A mega review. J. Fam. Med. Prim.** 2022.

MOTA, Rubenilson Rodrigues. Ações De Enfermagem Na Prevenção De Infecções Relacionadas Ao Uso De Cateter Venoso Central Em Pacientes Submetidos À Hemodiálise. 2023.

NERBASS, F. B. et al. Censo Brasileiro de Diálise 2022. **Brazilian Journal of Nephrology**. 2023.

NORDYKE, Robert J.; REICHERT, Heidi; BYLSMA, Lauren C.; JACKSON, Jenny J.; GAGE, Shawn M.; FRYZEK, Jon; ROY-CHAUDHURY, Prabir; LITHGOW, Theodore. Costs Attributable to Arteriovenous Fistula and Arteriovenous Graft Placements in Hemodialysis Patients with Medicare coverage. **American Journal of Nephrology**, [S.L.], v. 50, n. 4, p. 320-328. 2019.

PADMANABAN, K. A., & PARTHIBAN, G. (2016). Applying machine learning techniques for predicting the risk of chronic kidney disease. **Indian Journal of Science and Technology**. 2016.

PALMER, B. F. Renal dysfunction complicating the treatment of hypertension. **New England Journal of Medicine**. 2002.

TAN, Pang-Ning et al. Introduction to Data Mining, 2nd Editio. **Google Scholar Google Scholar Digital Library Digital Library**, 2018.

PECOITS-FILHO, Roberto. Diagnóstico de Doença Renal Crônica: Avaliação da Função Renal. **Jornal Brasileiro de Nefrologia**, p. 1-3. ago. 2004.

PERTICONE, Francesco *et al.* Significado prognóstico da disfunção endotelial em pacientes hipertensos. **Circulação**, v. 104, n. 2, pág. 191-196, 2001.

QIN, Jiongming *et al.* A machine learning methodology for diagnosing chronic kidney disease. **IEEE Access**, v. 8, p. 20991-21002, 2019.

- QUINLAN, J. R. "Induction of Decision Trees". **Machine Learning**, 1(1), 81-106. 1986.
- RAMÍREZ, D. S., & RIVERA-CHAVARRÍA, I. (2018). Fístula arteriovenosa safeno-tibial posterior como alternativa de acceso para hemodiálisis. **Revista Clínica de la Escuela de Medicina de la Universidad de Costa Rica**, 8(1), 1-7. 2018.
- RAMIREZ, R. R., & DE LA CRUZ, G. P. The Hispanic Population in the United States: March 2002. Population Characteristics. **Current Population Reports**. 2003.
- RETTIG, R. A., NORRIS, K., & NISSENSON, A. R. Chronic kidney disease in the United States: a public policy imperative. **Clinical journal of the American Society of Nephrology**, 3(6), 1902-1910. 2008.
- REZAPOUR, M., & KHAVANINZADEH, M. Association between non-matured arterio-venous fistula and blood pressure in hemodialysis patients. **Medical journal of the Islamic Republic of Iran**, 28, 144. 2014.
- ROMÃO JÚNIOR, J. E. Doença Renal Crônica: Definição, Epidemiologia e Classificação. **Jornal Brasileiro de Nefrologia**, p. 1-3. 2004.
- SACRAMENTO, G. Árvore de decisão: entenda esse algoritmo de Machine Learning. Disponível em: <https://blog.somostera.com/data-science/arvores-de-decisao>.
- SAFAR, M. E., LONDON, G. M., & PLANTE, G. E. Arterial stiffness and kidney function. **Hypertension**, 43(2), 163-168. 2004.
- SALLÉE, M. et; al. Canulação de acesso vascular e hemostasia: um estudo nacional de observação das práticas francesas: canulação e hemostasia de acesso vascular. **Clinical Kidney Journal**: Oxford, Paris, v. 14, n. 4, p. 1261-1269, 2020.
- SARMENTO, Luana Rodrigues *et al.* Prevalência das causas primárias de doença renal crônica terminal (DRCT) validadas clinicamente em uma capital do Nordeste brasileiro. **Brazilian Journal of Nephrology**, v. 40, n. 2, p. 130-135, 2018.
- SBN (SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEFROLOGIA) Censo Brasileiro de Diálise. Ano: 2019. Disponível: <https://sbn.org.br/categoria/nefrologia/>
Acessado: 30/04/2020
- SBN. Sociedade Brasileira De Nefrologia. (2018). Doenças uns/Tratamentos - Hemodiálise.2018. Disponível: <https://sbn.org.br/publico/tratatamentos/hemodialise/>.
- SCHAEFER R. F, FERNANDES S.C.C. Hemodiálise: análise das taxas de infecção relacionadas aos acessos. São Paulo: **Rev Recien**. n 11 v:33 p:178-185. 2021.

- SCHREIDER, Alyne; MORAES JÚNIOR, Celso Souza de; FERNANDES, Natália Maria da Silva. Três anos de avaliação do custeio por absorção da diálise peritoneal e hemodiálise: perspectiva do prestador de serviços em comparação com o repasse de recursos dos sistemas de saúde público e privado. **Braz. J. Nephrol.**, v. 44, n. 2, p. 204-214, 2022.
- SCYPHERS, STEVEN & BECK, MICHAEL & FURMAN, KELSI & HANER, JUDY & KEELER, ANDREW & LANDRY, CRAIG & O'DONNELL, KIERA & WEBB, BRET & GRABOWSKI, JONATHAN. Designing effective incentives for living shorelines as a habitat conservation strategy along residential coasts. **Conservation Letters**. 2020.
- SESSO, R. C., LOPES, A. A., THOMÉ, F. S., LUGON, J. R. & MARTINS, C. T. Inquérito Brasileiro de Diálise Crônica 2016. **Jornal Brasileiro de Nefrologia**, 39 (3): 261–26. 2017.
- SESSO, R. *et al.* Report of the Brazilian dialysis census. **Jornal Brasileiro de Nefrologia**, v. 39, n. 3, p. 261-266, 2017.
- SMELTZER, S. C.; BARE, B.G. Tratado de Enfermagem Médico Cirúrgico. 11. ed. Rio de Janeiro: **Guanabara Koogan**, 2011.
- SUS – Portaria 10-06-2022. Disponível: <https://www.abcdt.org.br/wp-content/uploads/10-06-2022-Portaria-GM-SM-N%C2%B0-1388-AUMENTO-FISTULA-.pdf>.
- TANIA, Marzia Hoque *et al.* Artificial intelligence and machine learning to predict functional outcome of the arteriovenous fistulas-proof of concept model. **Transplantation**, v. 104, n. S3, p. S419, 2020.
- THAMER, Mae; LEE, Timmy C.; WASSE, Haimanot; GLICKMAN, Marc H.; QIAN, Joyce; GOTTLIEB, Daniel; TONER, Scott; PFLEDERER, Timothy A.. Medicare Costs Associated with Arteriovenous Fistulas Among US Hemodialysis Patients. **American Journal of Kidney Diseases**, [S.L.], v. 72, n. 1, p. 10-18, 2018.
- THOMAS, Robert; KANSO, Abbas; SEDOR, John R. Chronic kidney disease and its complications. **Primary care: Clinics in office practice**, 2008.
- THOMÉ, F. S. *et al.* Inquérito brasileiro de diálise crônica 2017. **Jornal Brasileiro de Nefrologia**, v. 41, n. 2, 208-214, 2019.
- TOMAŠEV, Nenad, *et al.* A clinically applicable approach to continuous prediction of future acute kidney injury. **Nature**, 2019.
- TOREGEANI, J. F. *et al.* Avaliação da maturação das fístulas arteriovenosas para hemodiálise pelo eco-Doppler colorido. **Jornal Vascular Brasileiro**. São Paulo v. 7, n. 3, p. 204-206, set. 2008.
- TURNER, Jeffrey M., *et al.* Treatment of chronic kidney disease. **Kidney international**, 2012.

- UNNIKRISHNAN, Sumedha N. et al. Role of Diabetes Mellitus and Hypertension in the Progression of Chronic Kidney Disease A Systematic Review. **Journal For International Medical Graduates**, v. 1, n. 2, 2022.
- VAN DER LINDEN, Joke et al. A distensibilidade venosa do antebraço prediz fístula arteriovenosa bem-sucedida. **Revista Americana de Doenças Renais**, v. 6, pág. 1013-1019, 2006.
- WAHEED, Aiza et al. A prospective cohort study of predictors of upper extremity arteriovenous fistula maturation. **The Journal of Vascular Access**, v. 21, n. 5, p. 746-752, 2020.
- WEIDTMANN, B.; SCHUNKERT, H. Kidney insufficiency and cardiovascular disease. **Der Internist**, 2007.
- WHITE, Deborah D.; MONTGOMERY, Leslie D. Pelvic blood pooling of men and women during lower body negative pressure. **Aviation, space, and environmental medicine**, v. 67, n. 6, p. 555-559, 1996.
- ZANGAN, Steven M.; FALK, Abigail. Optimizing arteriovenous fistula maturation. In: **Seminars in interventional radiology**. © Thieme Medical Publishers, 2009.
- ZARKOWSKY, D. S., ARHUIDESE, I. J., HICKS, C. W., CANNER, J. K., QAZI, U., OBEID, T., ... & MALAS, M. B. Racial/ethnic disparities associated with initial hemodialysis access. **JAMA surgery**, 150(6), 529-536. 2015.
- ZHANG, Q. L., & ROTHENBACHER, D. Prevalence of chronic kidney disease in population-based studies: systematic review. **BMC public health**, 8, 1-13. 2008.
- ZHUANG, Yan; SUN, Juanjuan; LIU, Jiangjiang. Diagnosis of chronic kidney disease by three-dimensional contrast-enhanced ultrasound combined with augmented reality medical technology. **J Healthc Eng**. 2021.

Termo de Autorização para Publicação de Teses e Dissertações

Na qualidade de titular dos direitos de autor da publicação, autorizo a Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE) a disponibilizar em ambiente digital institucional, Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/IBICT) e/ou outras bases de dados científicas, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o texto integral da obra abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data 21/06/2024.

1. Identificação do material bibliográfico: () Tese (x) Dissertação () Trabalho de Conclusão

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

Autor: Rafaela Sierth

Orientador: Prof. Dr. Gilmar Sidnei Erzinger Coorientador: _____

Data de Defesa: 28/03/2024

Título: Avaliação dos fatores potencialmente modificáveis associados de pacientes submetidos a confecção da primeira fistula arteriovenosa pelo sistema SUS na região Norte Catarinense tendo como base a árvore de decisão

Instituição de Defesa: UNIVERSIDADE DA REGIÃO DE JOINVILLE – UNIVILLE

3. Informação de acesso ao documento:

Pode ser liberado para publicação integral (x) Sim () Não

Havendo concordância com a publicação eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese, dissertação ou relatório técnico.


Assinatura do autor


Local/Data