



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CARDIOLOGIA E CIÊNCIAS
CARDIOVASCULARES

JAYNE SANTOS FETER

**ASSOCIAÇÃO ENTRE INATIVIDADE FÍSICA E COMPLICAÇÕES
RELACIONADAS AO DIABETES: UMA ANÁLISE NACIONAL, REGIONAL E
GLOBAL**

Porto Alegre
2024

JAYNE SANTOS FETER

**ASSOCIAÇÃO ENTRE INATIVIDADE FÍSICA E COMPLICAÇÕES
RELACIONADAS AO DIABETES: UMA ANÁLISE NACIONAL, REGIONAL E
GLOBAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Cardiologia e Ciências Cardiovasculares da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de doutora em Cardiologia.

Orientador: Prof. Dr. DANIEL UMPIERRE DE MORAES

Porto Alegre
2024

CIP - Catalogação na Publicação

Feter, Jayne Santos

ASSOCIAÇÃO ENTRE INATIVIDADE FÍSICA E COMPLICAÇÕES
RELACIONADAS AO DIABETES: UMA ANÁLISE NACIONAL,
REGIONAL E GLOBAL / Jayne Santos Feter. -- 2024.

98 f.

Orientador: Daniel Umpierre de Moraes.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Faculdade de Medicina, Programa de
Pós-Graduação em Ciências da Saúde: Cardiologia e
Ciências Cardiovasculares, Porto Alegre, BR-RS, 2024.

1. inatividade física. 2. diabetes. 3. complicações
macrovasculares. 4. complicações microvasculares. 5.
fração atribuível populacional. I. Moraes, Daniel
Umpierre de, orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

JAYNE SANTOS FETER

**ASSOCIAÇÃO ENTRE INATIVIDADE FÍSICA E COMPLICAÇÕES
RELACIONADAS AO DIABETES: UMA ANÁLISE NACIONAL, REGIONAL E
GLOBAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Cardiologia e Ciências Cardiovasculares da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de doutora em Cardiologia.

Aprovado em: 26 de abril de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Dra. Maria Inês Schmidt
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dr. Airton José Rombaldi
Universidade Federal de Pelotas

Dr. Felipe Vogt Cureau
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

“Não há nada mais trágico neste mundo do que saber o que é certo e não fazê-lo. Que tal mudarmos o mundo começando por nós mesmos?”

Martin Luther King

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus e a espiritualidade por todo amparo e proteção em todas as decisões que me fizeram chegar até aqui.

Agradeço a todos professores e professoras que tive ao longo de toda minha trajetória de estudos. Da mesma forma, agradeço por sempre ter estudado em escolas públicas que me levaram a cursar graduação e pós-graduações em instituições de ensino superior públicas de reconhecida qualidade de ensino e contribuição social.

Ao meu orientador, Daniel Umpierre, que sempre foi uma referência para mim, agradeço pela oportunidade de fazer parte da sua equipe de estudos. Obrigada por todos ensinamentos, por seres propulsor de novos pensamentos e abordagens, que em meio a todas as demandas do mundo acadêmico não nos distanciam dos nossos deveres sociais e nos fazem pensar em pesquisa com humanidade e responsabilidade social. Além de fazeres tudo isso sempre demonstrando imenso respeito, gentileza e acolhimento.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde: Cardiologia e Ciências Cardiovasculares, por proporcionar uma formação de excelência com professores e professoras altamente qualificados.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, pelo apoio ao longo da minha formação.

Agradeço a banca de avaliação deste volume, a Professora Dra. Maria Inês Schmidt, ao Professor Dr. Airton Rombaldi e ao Professor Dr. Felipe Vogt Cureau, os quais admiro imensamente e tenho a honra de poder contar com o tempo e atenção de vocês para a leitura e discussão enriquecedora deste trabalho.

Agradeço a todos os meus colegas com os quais tive contato e aprendizados diversos. Aos colegas do Laboratório de Atividade Física, Diabetes e Doença Cardiovascular que são colegas e pessoas maravilhosas. Especialmente a Lari, a Andresa e a Fernanda, as quais foram rede de apoio ao longo de todo doutorado.

Aos amigos, amigas e familiares que foram essenciais para tornar este processo mais agradável e me fazerem lembrar que a vida precisa ser vivida. Obrigada por compreenderem minhas ausências e me fazerem valorizar nossos laços.

Agradeço aos meus pais por tanto esforço e dedicação para que eu seguisse sempre estudando. À minha mãe, agradeço por todo amor, suporte, dedicação e sacrifícios realizados para me proporcionar tudo o que eu precisava para me manter estudando e me desenvolvendo. Obrigada por ser minha base. Te amo.

Ao meu pai, agradeço pelo amor incondicional e por, desde sempre, me incentivar a estudar. Por entender minhas ausências e respeitar meus processos. Te amo.

Agradeço aos meus irmãos, por toda compreensão com minhas ausências. Amo vocês.

Rafaela, espero conseguir te dar todo o suporte que precisas para alçares voos em direção aos teus sonhos. Obrigada por seres luz na minha vida, te amo.

Agradeço à vida por termos nos encontrado, Natan. Obrigada por seres minha base, por sempre me apoiar, incentivar, por muitas vezes acreditares mais em mim do que eu mesma. Sem teu suporte e incentivo, eu não estaria concluindo mais essa etapa. Obrigada por todos teus esforços diários na busca do melhor para nós. Por me entender, respeitar e ter me dado o maior presente que eu poderia receber nessa vida, a nossa Alice. Te amo muito.

Ao Logan, por ser nosso fiel companheiro e nos encher de amor todos os dias.

À Alice, amada filha, que me fez ver a vida com novos olhos, que com um olhar restaura tudo de bom que há em mim. Tu és a minha inspiração diária. É tudo por ti. Tu és luz na minha vida. Te amo infinitamente, filha.

RESUMO

O objetivo da presente tese foi investigar, sob a perspectiva de alguns dos determinantes sociais da saúde (raça-cor, iniquidade geográfica), questões relacionadas à raça-cor e ao impacto da inatividade física nas complicações associadas ao diabetes. A revisão de literatura contextualiza a atual carga do diabetes ao redor do mundo, trazendo evidências disponíveis do impacto da inatividade física sobre as complicações micro e macrovasculares associadas ao diabetes, as iniquidades verificadas no Brasil e no mundo na expressão das complicações, e os desafios para estudos em diabetes e atividade física. Neste volume, são apresentados dois artigos com os seguintes objetivos: artigo 1) Examinar a associação entre (in)atividade física e complicações relacionadas ao diabetes de acordo com a raça-cor na população brasileira; artigo 2) Através do cálculo da Fração Atribuível à População (PAF), estimar a proporção de casos de complicações macrovasculares e microvasculares atribuíveis à inatividade física em pessoas com diabetes em nível nacional, regional e global. No primeiro artigo, observamos que no Brasil persistem disparidades raciais na prática de atividade física e que a associação entre inatividade física e as complicações associadas ao diabetes são diferentes segundo os domínios da atividade física. No segundo estudo, verificamos valores de PAF mais elevados para acidente vascular cerebral, doença arterial coronariana e retinopatia. E identificamos que a América Latina, o Caribe e a região do Mediterrâneo apresentaram o maior PAF para a inatividade física por complicações macrovasculares e microvasculares associadas ao diabetes.

Palavras-chave: inatividade física; diabetes; complicações macrovasculares; complicações microvasculares; fração atribuível a população.

ABSTRACT

The aim of this thesis was to investigate, from the perspective of some social determinants of health, issues related to race/color and the impact of physical inactivity on complications associated with diabetes. The literature review contextualizes the current burden of diabetes worldwide, presenting, based on available evidence, the role of physical activity on micro and macrovascular complications associated with diabetes, the inequalities observed in Brazil and worldwide in the expression of complications, along with the challenges for studies on diabetes and physical activity. This volume presents two articles with the following objectives: Article 1) To examine the association between physical (in)activity and diabetes-related complications according to race/color in the Brazilian population; Article 2) By calculating the Population Attributable Fraction (PAF), to estimate the proportion of cases of macrovascular and microvascular complications attributable to physical inactivity in people with diabetes at national, regional, and global levels. In the first article, we observed that in Brazil, racial disparities persist in the practice of physical activity, and that the association between physical (in)activity and complications associated with diabetes differs according to the domains of physical activity. In the second study, we found higher PAF values for stroke, coronary artery disease, and retinopathy. And we identified that Latin America, the Caribbean, and the Mediterranean region had the highest PAF for physical inactivity due to macrovascular and microvascular complications associated with diabetes.

Keywords: physical inactivity; diabetes; macrovascular complications; microvascular complications; population attributable fraction.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADA	American Diabetes Association
AVC	Acidente Vascular Cerebral
AF	Atividade Física
DCR	Doença Renal Crônica
DT2	Diabetes Tipo 2
EUA	Estados Unidos da América
IDF	International Diabetes Federation
PAF	Fração Atribuível Populacional
H _b A _{1c}	Hemoglobina Glicada

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 JUSTIFICATIVA.....	12
1.2 OBJETIVOS	12
1.2.1 Objetivos do estudo 1	12
1.2.2 Objetivos do estudo 2	13
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	14
3 REFERÊNCIAS DA REVISÃO DE LITERATURA.....	20
4 ARTIGO 1.....	26
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62

1 INTRODUÇÃO

O diabetes é uma complexa condição crônica de saúde. Em 2021, aproximadamente 537 milhões de pessoas viviam com diabetes em todo o mundo, sendo o diabetes tipo 2 (DT2) responsável por cerca de 95% desses casos (Ong *et al.*, 2023). Segundo as últimas evidências disponíveis, em 2021, estimou-se que o diabetes represente um custo global de aproximadamente 966 bilhões de dólares (International Diabetes Federation, 2021). Porém, a elevada carga econômica e social do diabetes é distribuída de forma desigual entre os estratos socioeconômicos. Por exemplo, dados de 2021 indicam que três em cada quatro pessoas com diabetes viviam em países de baixa ou média renda, como o Brasil (International Diabetes Federation, 2021; Ong *et al.*, 2023).

Adicionalmente, o diabetes está associado com maior risco para complicações macrovasculares (ex.: AVC e microvasculares (ex.: retinopatia) (Farmaki *et al.*, 2021; Faselis *et al.*, 2019). Tais complicações abrangem uma variedade de condições, incluindo doenças cardiovasculares, doença renal crônica e neuropatias. O diabetes aumenta significativamente o risco de desenvolver doenças cardíacas, como doença arterial coronariana, insuficiência cardíaca e AVC, devido à danificação dos vasos sanguíneos pela hiperglicemia crônica, levando à aterosclerose (Glovaci; Fan; Wong, 2019; Nelson; Peterson; Pagidipati, 2019). A nefropatia diabética é uma das principais causas de insuficiência renal, resultando em diálise ou transplante renal. A retinopatia diabética, causa comum de cegueira, e a neuropatia periférica, que afeta os nervos periféricos, especialmente nos pés, aumentam o risco de úlceras, gangrena e amputação (Faselis *et al.*, 2019). Ainda, a neuropatia diabética foi a condição associada ao sistema nervoso central com maior aumento nos anos de vida ajustados para incapacidade devido à doença entre 1990 até 2021 no mundo (Ong *et al.*, 2023). Essas complicações enfatizam a necessidade de controle rigoroso do diabetes e adoção de hábitos saudáveis para prevenir ou reduzir seu impacto.

Diante desse cenário, torna-se imperativo identificar estratégias que visem reduzir o risco de complicações cardiovasculares e metabólicas em pacientes com diabetes, a fim de mitigar o impacto global da doença. Nesse contexto, a atividade física emerge como uma estratégia comportamental essencial, já que evidências reforçam a associação da prática de atividades físicas com a redução do risco de desenvolvimento do diabetes e de suas complicações (Rietz *et al.*, 2022).

1.1 JUSTIFICATIVA

Estudos prévios identificaram as proporções de casos de diabetes (Lee *et al.*, 2012) e também a mortalidade em pessoas com diabetes (Silva *et al.*, 2019) que poderiam ser atribuídas à inatividade física. Ainda, uma revisão sistemática com meta-análise revelou que a inatividade física está associada ao maior risco para complicações macrovasculares e microvasculares relacionadas ao diabetes (Rietz *et al.*, 2022). Com base em nosso conhecimento, este será o primeiro estudo que identificará as proporções de casos de complicações macrovasculares e microvasculares relacionadas à diabetes atribuíveis à inatividade física.

Diante do aumento exponencial da incidência de diabetes e dos altos níveis de inatividade física na população global, é crucial monitorar e apresentar evidências científicas sólidas aos gestores em todas as esferas. Isso permite que reconheçam a oportunidade de promover a atividade física de maneira eficaz, reduzindo assim a carga associada ao diabetes em nível individual e populacional. Essa abordagem melhora a qualidade de vida da população e diminui os gastos com saúde que poderiam ser evitados através de investimentos em políticas e programas de promoção de atividade física eficazes, adaptados às particularidades de cada região e voltados a grupos prioritários.

1.2 OBJETIVOS

Examinar a associação entre inatividade física e complicações relacionadas ao diabetes em população adulta.

1.2.1 Objetivos do estudo 1

Objetivo geral

Examinar a associação entre inatividade física e complicações relacionadas ao diabetes de acordo com a raça-cor na população brasileira.

Objetivos específicos

- a) Estimar a prevalência de inatividade física de acordo com a cor da pele;
- b) Estimar a prevalência de atividade física segundo os domínios (lazer, deslocamento, ocupacional e doméstica) em pessoas com diabetes, de acordo com a cor da pele.

1.2.2 Objetivos do estudo 2

Objetivo geral

Estimar a proporção de complicações macrovasculares e microvasculares associadas ao diabetes que são potencialmente atribuíveis à inatividade física no nível nacional, regional e global.

Objetivos específicos

Estimar a fração atribuível populacional (FAP; PAF em inglês) da atividade física em nível global, regional e nacional para:

- a) doença cardiovascular;
- b) doença arterial coronariana;
- c) acidente vascular cerebral;
- d) insuficiência cardíaca;
- e) retinopatia.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A prevalência de diabetes no mundo aumentou 90,5% entre 1990 e 2021, sendo que em regiões como a África e Oriente Médio o aumento foi mais expressivo (161,5% no mesmo período) (Ong *et al.*, 2023). Em 2023, no Brasil, um inquérito abrangendo todos os 26 estados e o Distrito Federal, com uma amostra representativa da população brasileira, revelou variações significativas nas prevalências de diabetes. Por exemplo, em Rio Branco, localizada na região Norte do país, a prevalência foi de 5,6% (IC95% 3,9 - 7,3), enquanto em São Paulo, na região Sudeste, atingiu 12,1% (IC95% 9,3 - 14,9) (Brasil. Ministério da Saúde, 2023). Essas disparidades não se limitam apenas ao acesso ao diagnóstico de diabetes, mas também afetam o acesso aos serviços de saúde e, conseqüentemente, à manutenção do tratamento, devido às condições de vida enfrentadas pelas pessoas nessas regiões. No Brasil, historicamente, as regiões Norte e Nordeste concentram maior pobreza em comparação com as regiões Sul e Sudeste (Silva *et al.*, 2019). Essa persistente desigualdade geográfica no Brasil reforça a importância de investigações considerando os determinantes sociais da saúde em um país tão heterogêneo.

Os custos associados à doença alcançaram 966 bilhões de dólares em 2021, representando um aumento de 316% nos gastos em saúde em relação aos últimos 15 anos (International Diabetes Federation, 2021). Dados da Federação Internacional do Diabetes mostram que mais de 537 milhões de pessoas viviam em 2021 com diabetes no mundo, sendo que 75% oriundas de países de baixa e média renda (International Diabetes Federation, 2021). Ainda, as projeções do IDF sugerem um aumento exponencial nos próximos anos, atingindo 783 milhões em 2045. Infelizmente, tal crescimento será mais agressivo em regiões menos favorecidas (Katzmarzyk *et al.*, 2022). Na América Latina, espera-se um aumento de 50% de casos, enquanto essa projeção atinge 134% na África. Para comparação, é esperado um aumento de 23% na América do Norte e 13% na Europa no mesmo período (International Diabetes Federation, 2021).

A abordagem terapêutica para o manejo glicêmico no DT2 baseia-se no tratamento farmacológico e não-farmacológico, incluindo, portanto, modificações comportamentais (Zheng; Ley; Hu, 2018). Em contrapartida, o manejo inadequado da glicemia, como acesso comprometido ao serviço de saúde e a medicação, aumenta também o risco para complicações relacionadas ao diabetes (Ong *et al.*, 2023; Sartore *et al.*, 2023). Entre as principais complicações associadas ao diabetes pode-se destacar as macrovasculares (doenças cardiovasculares, infarto, insuficiência cardíaca, doença arterial coronariana, doença arterial

periférica) e as microvasculares (nefropatia, retinopatia e neuropatia diabética)(Harding *et al.*, 2019; Li *et al.*, 2019).

As complicações do diabetes impactam a carga da doença. A retinopatia diabética, DRC e a neuropatia periférica são as complicações mais frequente da doença (Li *et al.*, 2019). Estima-se que 40% das pessoas que vivem com diabetes desenvolvem DRC, elevando o risco de eventos cardiovasculares, insuficiência renal e morte (International Diabetes Federation, 2021). Observa-se um aumento nos casos de DRC por DT2 padronizada por idade, com uma relação inversa entre a incidência de DRC e o nível socioeconômico dos países (Li *et al.*, 2021). Entre as complicações de membros inferiores, a neuropatia periférica, comum em pessoas com diabetes, aumenta o risco de úlceras nos pés e amputações. Já a retinopatia diabética, em 2020, foi identificada como a principal causa de cegueira na população adulta entre 20 e 74 anos (Kropp *et al.*, 2023; Stitt *et al.*, 2016). Uma meta-análise agrupada de participantes individuais envolvendo 35 estudos realizados em todo o mundo de 1980 a 2008 estimou a prevalência global de retinopatia diabética entre pacientes com diabetes em 34,6% (Yau *et al.*, 2012).

As doenças cardiovasculares, como doença arterial coronariana, doença cerebrovascular e doença arterial periférica, representam um desafio para pessoas com diabetes, sendo a principal causa de mortes nesse grupo (International Diabetes Federation, 2021). O risco de desenvolver doença arterial periférica, por exemplo, é duas vezes maior em pessoas com diabetes do que em pessoas sem a doença (Soyoye *et al.*, 2021).

Contudo, evidências sobre disparidades em complicações do diabetes entre diferentes grupos raciais e étnicos são escassas. Nos Estados Unidos da América (EUA), as prevalências de DRC e retinopatia diabética em adultos com diabetes são 35% e 47% maior em negros do que em brancos, respectivamente (Barsegian *et al.*, 2017). Indivíduos negros e hispânicos com retinopatia diabética têm mais chance de progredir para deficiência visual e cegueira do que indivíduos brancos (Barsegian *et al.*, 2017; Coney; Scott, 2022). Em relação à neuropatia diabética, pessoas negras vivendo com diabetes têm 44% maior chance de amputação de membros inferiores do que em pacientes brancos (Goldberg *et al.*, 2012). Um estudo prévio revelou que adultos negros com diabetes nos EUA apresentam maior dificuldade em atingir as recomendações de manejo da diabetes sugeridas pela ADA: HbA1c <7,0% e colesterol LDL (<100 mg/dL). Consequentemente, a maior ocorrência de complicações macrovasculares e microvasculares na população negra pode ser explicada pelo pior controle da doença nessa população (Stark Casagrande *et al.*, 2013). O controle pressórico e lipídico está associado a um menor risco para mortalidade e incidência de doenças cardiovasculares, a principal causa de mortes em pessoas com diabetes (Harding *et al.*, 2019). Ainda, reduções na HbA1c e na pressão

arterial estão associadas a menor risco para complicações microvasculares (Harding *et al.*, 2019). Assim, o manejo inadequado da diabetes pode estar associado à maior ocorrência de complicações em algumas populações do que em outras (Harding *et al.*, 2019).

Por fim, embora tenha ocorrido um declínio geral na morbidade cardiovascular, doença isquêmica do coração e AVC entre pessoas com diabetes, indivíduos negros com diabetes ainda são desproporcionalmente afetados por doenças cerebrovasculares (Desai *et al.*, 2015; Mozaffarian *et al.*, 2016). Um estudo com dados da NHANES, nos Estados Unidos, mostrou que a prevalência de pré-diabetes e diabetes não diagnosticados em pessoas com histórico de AVC foi maior em negros (37,8% e 7,5%) do que em brancos (31,6% e 3,1%) e mexicanos (26,3% e 4,4%) (Kim *et al.*, 2017). Apesar de estar em declínio, a mortalidade cardiovascular continua a ser a principal causa de morte para pessoas com diabetes, ocorrendo mais do que o dobro em pessoas com diabetes, do que em adultos sem diabetes (Cheng *et al.*, 2018). Nos EUA, as mortes por diabetes foram maiores em populações negras, indígenas americanas/nativas do Alasca e hispânicas em comparação com a população branca não-hispânica. Um estudo recente mostrou que mulheres negras com diabetes tinham uma taxa de mortalidade ajustada por idade duas vezes maior do que mulheres brancas com diabetes (Rodriguez *et al.*, 2019). Considerando o impacto das complicações micro e macrovasculares relacionadas ao diabetes, pesquisas são necessárias para identificar possíveis estratégias para reduzir as disparidades e garantir a equidade no tratamento.

Inatividade física como fator de risco para o diabetes

Atingir as atuais recomendações de prática regular de atividade física tem sido associada com menor incidência de complicações micro e macrovasculares associadas ao diabetes (Rietz *et al.*, 2022). Além do controle inadequado da DT2, fatores comportamentais como o alimentação inadequada (ex.: consumo de alimentos ultraprocessados), excesso de peso, tabagismo, consumo excessivo de bebidas alcoólicas e inatividade física (<150 minutos de atividade física moderada-a-vigorosa por semana) (Bull *et al.*, 2020) estão associados ao aumento do risco para complicações (ElSayed *et al.*, 2024). A aderência a uma dieta saudável e prática regular de atividade física têm papel determinante sobre a prevenção e tratamento clínico do diabetes (Johansen *et al.*, 2017; Rietz *et al.*, 2022; Umpierre *et al.*, 2011). Porém, no Brasil, tem sido mostrado que a proporção de indivíduos atingindo as recomendações de atividade física é 57% menor em adultos com diabetes do que na população em geral (Forechi *et al.*, 2018; Mielke *et al.*, 2021).

A inatividade física é um dos fatores comportamentais modificáveis que tem importante impacto sobre a incidência e prevalência de casos de diabetes e suas complicações associadas (Katzmarzyk *et al.*, 2022; Rietz *et al.*, 2022). Estima-se que entre 2020 e 2030, aproximadamente 11,2 milhões de novos casos de diabetes irão ocorrer ao redor do mundo devido a inatividade física. Aliada à carga de morbimortalidade desta projeção, a carga financeira aos sistemas de saúde atribuível à inatividade física é estimada em 47 bilhões de dólares no mesmo período (Santos *et al.*, 2023). No Brasil, cerca de 33% do custo do sistema público de saúde com hospitalizações relacionadas à diabetes em 2013 pode ser atribuído a inatividade física (Szwarcwald *et al.*, 2021). Ainda, o percentual de mortes atribuídas à inatividade física em pessoas com diabetes foi de 3% em 2016 (Silva *et al.*, 2019). Apesar de a mortalidade atribuível à inatividade física na população ter permanecido estável entre 1990 e 2016, ela aumentou em estados brasileiros com menor níveis socioeconômicos, o que pode ser explicado pelo aumento da prevalência de inatividade física nesses estados.

Recentemente foi lançado o Guia de Atividade Física para a População Brasileira (2021), o qual orienta sobre a prática de atividade física para diversos grupos populacionais (i.e. crianças e adolescentes, idosos, gestantes) (Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção Primária à Saúde. Departamento de Promoção da Saúde., 2021). Este é um documento elaborado a partir de um processo cuidadoso, com uso de evidências nacionais e internacionais, e rodas de conversas com grupos de interesse da sociedade. Contudo, o Guia ainda não apresenta conteúdos sobre as diferenças sociais, culturais e raciais que influenciam a aderência à prática de atividades físicas nos diferentes contextos sociais apresentados no Brasil (Crochemore-Silva *et al.*, 2020; Knuth; Antunes, 2021). Nesse sentido, pode-se destacar o aumento na prevalência de prática de atividade física na população adulta no Brasil nos últimos anos (MINISTÉRIO DA SAÚDE DO BRASIL, 2024), e também é observado um aumento da iniquidade socioeconômica e racial da atividade física no país (Ferrari *et al.*, 2021; Ricardo *et al.*, 2022). Tal achado ressalta que a prática de atividades físicas não é apenas uma simples questão de escolha, mas também de possibilidades.

Os determinantes sociais da saúde perpassam pela prática de atividade física. A exemplo do Brasil, características como cor da pele negra, sexo feminino, menor escolaridade, maior idade e menor renda são fatores associados a inatividade física no lazer e ao pior manejo glicêmico (Crochemore-Silva *et al.*, 2020; Mielke *et al.*, 2022) Da mesma forma, perpassam as disparidades regionais na prática de atividade física. Apesar da prevalência de inatividade física ser maior em países de alta renda (Guthold *et al.*, 2018), a carga total especialmente para o

desenvolvimento de novos casos de condições crônicas não transmissíveis, incluindo o diabetes, será maior para os países de baixa e média renda (Santos *et al.*, 2023).

Como consequência dessas disparidades, populações negras e indígenas apresentam piores resultados no controle glicêmico, com maior risco de desenvolver complicações da diabetes. Reduzir essas disparidades exige um esforço multifacetado. É necessário implementar intervenções direcionadas para diminuir os fatores de risco na população negra e indígena, melhorar o acesso à educação em diabetes e serviços de saúde de qualidade, e ampliar a representatividade de profissionais de saúde negros e indígenas. Políticas públicas voltadas para a equidade racial no acesso à saúde e aos determinantes sociais da saúde também são fundamentais. Somente através de ações conjuntas e investimentos em estratégias eficazes poderemos alcançar um futuro mais justo e equitativo para todos, onde todos tenham acesso à saúde de qualidade e a oportunidade de viver uma vida plena e saudável.

Perspectivas e desafios para estudos de diabetes e atividade física

As evidências dos benefícios da atividade física regular para pessoas com diabetes estão bem estabelecidas. No entanto, explorar como os determinantes sociais da saúde influenciam esses comportamentos ainda é um campo vasto e em desenvolvimento. Compreender e propor resoluções para as desigualdades no cuidado do diabetes e na promoção da atividade física é um desafio complexo que varia em diferentes níveis, desde o individual até o global. Dado o relevante impacto da questão racial no acesso e cuidados na saúde no Brasil, como nosso primeiro esforço nesse sentido, buscamos investigar a associação entre inatividade física e complicações relacionadas ao diabetes de acordo com a raça na população brasileira.

Posteriormente, expandindo o contexto, considerando as previsões de alta incidência de diabetes ao redor do mundo, para além de focar somente na relação da atividade física e diabetes, pesquisas sobre o impacto da inatividade física relacionado às complicações da doença são cruciais. Compreender essa relação é essencial para justificar investimentos em políticas e programas de atividade física para a população com diabetes, especialmente para mitigar o potencial aumento nos casos de complicações associadas à doença. Nesse sentido, um estudo de meta-análise evidencia que a associação protetora entre atividade física no lazer e mortalidade por todas as causas é 2,2 vezes mais forte para o tempo de atividade física no lazer do que para a atividade física no deslocamento ou ocupacional (Dal Canto *et al.*, 2011). Estudos que avaliam a carga da inatividade física podem ser os catalisadores para justificar a necessidade de políticas e programas de incentivo e conscientização da prática de atividades físicas para pessoas com diabetes a fim de prevenir agravos e complicações relacionadas.

Entendemos estes esforços como o primeiro passo, pois as iniquidades persistem devido a barreiras sociais além da raça-cor, no acesso aos cuidados de saúde, perpassando por questões ligadas a gênero, classe social, educação, ambiente, acessibilidade, economia e políticas públicas. Abordar essas questões é essencial para garantir que todos tenham conhecimento e acesso ao direito a uma saúde adequada, o que representa desafios tanto teóricos quanto práticos.

3 REFERÊNCIAS DA REVISÃO DE LITERATURA

- BARSEGHIAN, A *et al.* Diabetic Retinopathy: Focus on Minority Populations. **International Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 034–045, 2017. Disponível em: <https://www.clinsurggroup.us/articles/IJCEM-3-127.php>.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Vigitel Brasil 2023: vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico: estimativas sobre frequência e distribuição sociodemográfica de fatores de risco e proteção para doenças crônicas nas capitais dos 26 estados brasileiros e no Distrito Federal em 2023**. Brasil: [s. n.], 2023.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. SECRETARIA DE ATENÇÃO PRIMÁRIA À SAÚDE. DEPARTAMENTO DE PROMOÇÃO DA SAÚDE. **Guia de Atividade Física para a População Brasileira**. Brasil: [s. n.], 2021. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_atividade_fisica_populacao_brasileira.pdf. Acesso em: 12 abr. 2024.
- BULL, Fiona C *et al.* World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. **British Journal of Sports Medicine**, [s. l.], v. 54, n. 24, p. 1451–1462, 2020. Disponível em: <https://bjsm.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bjsports-2020-102955>.
- CHENG, Yiling J. *et al.* Trends and Disparities in Cardiovascular Mortality Among U.S. Adults With and Without Self-Reported Diabetes, 1988–2015. **Diabetes Care**, [s. l.], v. 41, n. 11, p. 2306–2315, 2018. Disponível em: <https://diabetesjournals.org/care/article/41/11/2306/36539/Trends-and-Disparities-in-Cardiovascular-Mortality>.
- CONEY, Joseph M.; SCOTT, Adrienne W. Racial disparities in the screening and treatment of diabetic retinopathy. **Journal of the National Medical Association**, [s. l.], v. 114, n. 2, p. 171–181, 2022. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0027968421002364>.
- CROCHEMORE-SILVA, Inácio *et al.* Promoção de atividade física e as políticas públicas no combate às desigualdades: reflexões a partir da Lei dos Cuidados Inversos e Hipótese da Equidade Inversa. **Cadernos de Saúde Pública**, [s. l.], v. 36, n. 6, 2020. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2020000603002&tlng=pt.
- Dal Canto E, Ceriello A, Rydé L, *et al.* Domains of physical activity and all-cause mortality: systematic review and dose–response meta-analysis of cohort studies. *Int J Epidemiol* 2011; **40**: 1382–400.

- DESAI, Jay R. *et al.* Who Must We Target Now to Minimize Future Cardiovascular Events and Total Mortality?. **Circulation: Cardiovascular Quality and Outcomes**, [s. l.], v. 8, n. 5, p. 508–516, 2015. Disponível em:
<https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/CIRCOUTCOMES.115.001717>.
- ELSAYED, Nuha A. *et al.* 1. Improving Care and Promoting Health in Populations: *Standards of Care in Diabetes—2024*. **Diabetes Care**, [s. l.], v. 47, n. Supplement_1, p. S11–S19, 2024.
- FARMAKI, Paraskevi *et al.* Complications of the Type 2 Diabetes Mellitus. **Current Cardiology Reviews**, [s. l.], v. 16, n. 4, p. 249–251, 2021. Disponível em:
<https://www.eurekaselect.com/189582/article>.
- FASELIS, Charles *et al.* Microvascular Complications of Type 2 Diabetes Mellitus. **Current Vascular Pharmacology**, [s. l.], v. 18, n. 2, p. 117–124, 2019. Disponível em:
<http://www.eurekaselect.com/171932/article>.
- FERRARI, Gerson *et al.* Socioeconomic inequalities in physical activity in Brazil: a pooled cross-sectional analysis from 2013 to 2019. **International Journal for Equity in Health**, [s. l.], v. 20, n. 1, p. 188, 2021. Disponível em:
<https://equityhealthj.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12939-021-01533-z>.
- FORECHI, Ludimila *et al.* Adherence to physical activity in adults with chronic diseases: ELSA-Brasil. **Revista de Saúde Pública**, [s. l.], v. 52, p. 31, 2018. Disponível em:
<https://www.revistas.usp.br/rsp/article/view/144968>.
- GLOVACI, Diana; FAN, Wenjun; WONG, Nathan D. Epidemiology of Diabetes Mellitus and Cardiovascular Disease. **Current Cardiology Reports**, [s. l.], v. 21, n. 4, p. 21, 2019. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11886-019-1107-y>.
- GOLDBERG, Joshua B. *et al.* The effect of risk and race on lower extremity amputations among Medicare diabetic patients. **Journal of Vascular Surgery**, [s. l.], v. 56, n. 6, p. 1663–1668, 2012. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0741521412013146>.
- GUTHOLD, Regina *et al.* Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: a pooled analysis of 358 population-based surveys with 1·9 million participants. **The Lancet Global Health**, [s. l.], v. 6, n. 10, p. e1077–e1086, 2018. Disponível em:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2214109X18303577>.
- HARDING, Jessica L. *et al.* Global trends in diabetes complications: a review of current evidence. **Diabetologia**, [s. l.], v. 62, n. 1, p. 3–16, 2019. Disponível em:
<http://link.springer.com/10.1007/s00125-018-4711-2>.
- INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION. **IDF Diabetes Atlas 2021 _ IDF Diabetes**

- Atlas**. [S. l.: s. n.], 2021. Disponível em: <https://diabetesatlas.org/>. Acesso em: 31 mar. 2024.
- JOHANSEN, Mette Yun *et al.* Effect of an Intensive Lifestyle Intervention on Glycemic Control in Patients With Type 2 Diabetes. **JAMA**, [s. l.], v. 318, n. 7, p. 637, 2017. Disponível em: <http://jama.jamanetwork.com/article.aspx?doi=10.1001/jama.2017.10169>.
- KATZMARZYK, Peter T *et al.* Physical inactivity and non-communicable disease burden in low-income, middle-income and high-income countries. **British Journal of Sports Medicine**, [s. l.], v. 56, n. 2, p. 101–106, 2022. Disponível em: <https://bjsm.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bjsports-2020-103640>.
- KIM, Okkyung *et al.* Race-Ethnic Disparities in Cardiometabolic Risk Profiles among Stroke Survivors with Undiagnosed Diabetes and Prediabetes in the United States. **Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases**, [s. l.], v. 26, n. 12, p. 2727–2733, 2017. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1052305717303312>.
- KNUTH, Alan G; ANTUNES, Priscilla de Cesaro. Práticas corporais/atividades físicas demarcadas como privilégio e não escolha: análise à luz das desigualdades brasileiras. **Saúde e Sociedade**, [s. l.], v. 30, n. 2, 2021. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-12902021000200300&tlng=pt.
- KROPP, Martina *et al.* Diabetic retinopathy as the leading cause of blindness and early predictor of cascading complications—risks and mitigation. **EPMA Journal**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 21–42, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s13167-023-00314-8>.
- LEE, I-Min *et al.* Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. **The Lancet**, [s. l.], v. 380, n. 9838, p. 219–229, 2012.
- LI, Huixian *et al.* Changing epidemiology of chronic kidney disease as a result of type 2 diabetes mellitus from 1990 to 2017: Estimates from Global Burden of Disease 2017. **Journal of Diabetes Investigation**, [s. l.], v. 12, n. 3, p. 346–356, 2021. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jdi.13355>.
- LI, Jianqing *et al.* Correlations among Diabetic Microvascular Complications: A Systematic Review and Meta-analysis. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 3137, 2019. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-019-40049-z>.
- MIELKE, Gregore I. *et al.* All are equal, but some are more equal than others: social determinants of leisure time physical activity through the lens of intersectionality. **BMC Public Health**, [s. l.], v. 22, n. 1, p. 36, 2022. Disponível em: <https://bmcpublichealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12889-021-12428-7>.

MIELKE, Gregore Iven *et al.* Leisure time physical activity among Brazilian adults: National Health Survey 2013 and 2019. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, [s. l.], v. 24, n. suppl 2, 2021a.

MIELKE, Gregore Iven *et al.* Leisure time physical activity among Brazilian adults: National Health Survey 2013 and 2019. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, [s. l.], v. 24, p.

e210008, 2021b. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbepid/a/HfdWw5LtprNkhRh89BH96rc>. Acesso em: 13 out. 2023.

MINISTÉRIO DA SAÚDE DO BRASIL. **Vigitel 2006-2023: prática de atividade física**. [S. l.: s. n.], 2024. Disponível em: [https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-](https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/vigitel/vigitel-2006-2023-pratica-de-atividade-fisica/view)

[conteudo/publicacoes/svsa/vigitel/vigitel-2006-2023-pratica-de-atividade-fisica/view](https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/vigitel/vigitel-2006-2023-pratica-de-atividade-fisica/view). Acesso em: 1 abr. 2024.

MOZAFFARIAN, Dariush *et al.* Heart Disease and Stroke Statistics—2016 Update.

Circulation, [s. l.], v. 133, n. 4, 2016. Disponível em:

<https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/CIR.0000000000000350>.

NELSON, Adam J.; PETERSON, Eric D.; PAGIDIPATI, Neha J. Atherosclerotic cardiovascular disease and heart failure: Determinants of risk and outcomes in patients with diabetes. **Progress in Cardiovascular Diseases**, [s. l.], v. 62, n. 4, p. 306–314, 2019.

Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0033062019300982>.

ONG, Kanyin Liane *et al.* Global, regional, and national burden of diabetes from 1990 to 2021, with projections of prevalence to 2050: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. **The Lancet**, [s. l.], v. 402, n. 10397, p. 203–234, 2023. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140673623013016>.

RICARDO, Luiza Isnardi Cardoso *et al.* Inequalities in Physical Activity During the COVID-19 Pandemic: Report on 4 Consecutive Population-Based Surveys in Southern Brazil.

Journal of Physical Activity and Health, [s. l.], v. 19, n. 2, p. 73–79, 2022. Disponível em:

<https://journals.humankinetics.com/view/journals/jpah/19/2/article-p73.xml>.

RIETZ, Marlene *et al.* Physical Activity and Risk of Major Diabetes-Related Complications in Individuals With Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis of Observational Studies. **Diabetes Care**, [s. l.], v. 45, n. 12, p. 3101–3111, 2022. Disponível em:

<https://diabetesjournals.org/care/article/45/12/3101/147970/Physical-Activity-and-Risk-of-Major-Diabetes>.

RODRIGUEZ, Fatima *et al.* Diabetes-attributable mortality in the United States from 2003 to 2016 using a multiple-cause-of-death approach. **Diabetes Research and Clinical Practice**, [s. l.], v. 148, p. 169–178, 2019. Disponível em:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168822718316577>.

SANTOS, Andreia Costa *et al.* The cost of inaction on physical inactivity to public health-care systems: a population-attributable fraction analysis. **The Lancet Global Health**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. e32–e39, 2023. Disponível em:

<http://www.thelancet.com/article/S2214109X22004648/fulltext>. Acesso em: 13 out. 2023.

SARTORE, Giovanni *et al.* Long-term HbA1c variability and macro-/micro-vascular complications in type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis update. **Acta Diabetologica**, [s. l.], v. 60, n. 6, p. 721–738, 2023.

SILVA, Diego Augusto Santos *et al.* Physical inactivity as risk factor for mortality by diabetes mellitus in Brazil in 1990, 2006, and 2016. **Diabetology and Metabolic Syndrome**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 23, 2019. Disponível em:

<https://dmsjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13098-019-0419-9>.

SOYOYE, David Olubukunmi *et al.* Diabetes and peripheral artery disease: A review. **World Journal of Diabetes**, [s. l.], v. 12, n. 6, p. 827–838, 2021.

STARK CASAGRANDE, Sarah *et al.* The Prevalence of Meeting A1C, Blood Pressure, and LDL Goals Among People With Diabetes, 1988–2010. **Diabetes Care**, [s. l.], v. 36, n. 8, p. 2271–2279, 2013. Disponível em:

<https://diabetesjournals.org/care/article/36/8/2271/33077/The-Prevalence-of-Meeting-A1C-Blood-Pressure-and>.

STITT, Alan W. *et al.* The progress in understanding and treatment of diabetic retinopathy. **Progress in Retinal and Eye Research**, [s. l.], v. 51, p. 156–186, 2016. Disponível em:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S135094621500066X>.

SZWARCWALD, Celia Landmann *et al.* ConVid - Behavior Survey by the Internet during the COVID-19 pandemic in Brazil: conception and application methodology. **Cadernos de saude publica**, Brazil, v. 37, n. 3, p. e00268320, 2021.

UMPIERRE, Daniel *et al.* Physical Activity Advice Only or Structured Exercise Training and Association With HbA_{1c} Levels in Type 2 Diabetes. **JAMA**, [s. l.], v. 305, n. 17, p. 1790, 2011. Disponível em: <http://jama.jamanetwork.com/article.aspx?doi=10.1001/jama.2011.576>.

YAU, Joanne W.Y. *et al.* Global Prevalence and Major Risk Factors of Diabetic Retinopathy. **Diabetes Care**, [s. l.], v. 35, n. 3, p. 556–564, 2012. Disponível em:

<https://diabetesjournals.org/care/article/35/3/556/28568/Global-Prevalence-and-Major-Risk-Factors-of>.

ZHENG, Yan; LEY, Sylvia H.; HU, Frank B. Global aetiology and epidemiology of type 2 diabetes mellitus and its complications. **Nature Reviews Endocrinology**, [s. l.], v. 14, n. 2, p.

88–98, 2018. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nrendo.2017.151>.

4 ARTIGO 1

Título: Racial health disparities: a population-based analysis of physical activity and diabetes-related complications in Brazil.

O artigo foi publicado no periódico Public Health.

Racial health disparities: a population-based analysis of physical activity and diabetes-related complications in Brazil

Jayne Feter^{1,2}

Natan Feter³

Daniel Umpierre^{1,2,4,5}

¹Postgraduate Program of Health Sciences, School of Medicine, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil.

²LADD Lab, Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Centro de Pesquisa Clínica, Porto Alegre, RS, Brazil.

³Postgraduate Program of Epidemiology, School of Medicine, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil.

⁴Department of Public Health, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brazil.

⁵National Institute of Science and Technology for Health Technology Assessment (IATS/HCPA), Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Centro de Pesquisa Clínica, Porto Alegre, RS, Brazil.

Corresponding author

Jayne Santos Feter

Clinical Research Center

Hospital de Clínicas de Porto Alegre

Av. Protásio Alves, 211 - Santa Cecília,

Porto Alegre - RS, 90035-903, Brazil

jsleite@hcpa.edu.br

+55 53 99114-8668

Collaborations

JS Feter, N Feter, D Umpierre: Conceptualization of the study based on the NHS 2019, writing, analyses, and critical review of the final version of the manuscript.

Word count: 3,033

Racial health disparities: a population-based analysis of physical activity and diabetes-related complications in Brazil.

Abstract

Objectives: Racial disparity in physical activity in people with diabetes in Brazil remains scarcely investigated. We examined the association between physical activity and diabetes-related complications according to race in the Brazilian population.

Study design: Cross-sectional

Methods: We analyzed data from the 2019 National Health Survey, a population-based survey of Brazilian adults. We used a self-reported questionnaire to assess physical activity during commuting, leisure-time, domestic, and occupational activities. Diabetes-related complications included vision, kidney, and circulatory impairment, foot ulcers, diabetic coma, and all-cause complications. We used robust Poisson regression models with restricted cubic splines to examine the association between physical activity and diabetes-related complications.

Results: We included 2,529 adults with diabetes (48.9% women; mean age: 53.5±11.9 years). One-third experienced diabetes-related complications. Black adults performed less leisure-time and more occupational and commuting physical activity than white participants. Black participants showed a higher probability of all-cause (1.61; 95%CI: 1.29, 2.02) and vision complications (1.58; 95%CI: 1.23, 2.04) compared to white participants independent of physical activity status. Only leisure-time physical activity was associated with a reduced probability of all-cause complications (PR: 0.78; 0.71, 0.86) whereas commuting and occupational physical activity were not associated with any diabetes-related complications. Physically inactive, Brown adults showed a higher probability of kidney, circulatory, vision, and all-cause complications than active, white adults. However, physical activity attenuated the probability of these complications in Brown participants.

Conclusion: The association between physical activity and diabetes-related complications is domain-specific. We revealed a racial disparity in physical activity in people with diabetes in Brazil.

Keywords: diabetes mellitus, physical activity, diabetes complications, disparity, health inequities.

Background

Diabetes is a growing public health problem. In 2050, 1.31 billion people will be living with diabetes worldwide. Previous population-based survey estimated that 8% of the Brazilian population reported a medical diagnosis of diabetes in 2019¹. However, approximately 46% of these prevalent cases cannot achieve the target of <7% for glycated hemoglobin, which increases the risk of diabetes-related complications, including retinopathy and nephropathy². In addition, the economic cost of chronic diseases such as hypertension, diabetes, and obesity within the Brazilian Unified Health System (SUS) exceeded US\$ 890 million, with approximately 30% of this expenditure allocated to diabetes treatment³. Therefore, strategies are required to reduce the burden of diabetes and its related complications.

Globally, 11.2 million new cases of diabetes due to physical inactivity will occur between 2020 and 2030⁴. Physical activity (PA) has been associated with reduced risk of incident diabetes and macrovascular and microvascular complications^{5,6}. In this sense, the Brazilian Diabetes Society recommends that people with diabetes use aerobic and resistance exercises as non-pharmacological approaches to managing the disease⁷. However, a study with 14,521 free-living middle-aged and older adults in Brazil showed that only 14% of the participants with diabetes adhere to the PA recommendations, with a lower proportion of participants with worse socioeconomic conditions⁸. Corroborating the sex and socioeconomic inequalities in access to leisure-time PA in Brazil^{9,10}.

Public efforts to promote PA as a complementary therapy for people with diabetes must address the complexities of social status intersections to attenuate the observed inequalities. However, no study has investigated the association between PA and diabetes and its related complications through the lens of social determinants of health (SDH). SDH substantially impacts diabetes management, complications, and PA^{11,12}. For example, women, non-white, older people, and lower socioeconomic positions are associated with worse diabetes management and low PA levels¹³. Although clinical and environmental factors such as the coexistence of other health conditions, the obesity pandemic, and demographic transition are associated with the increasing prevalence of diabetes, the impact of social inequalities on health cannot be neglected^{14,15}.

Social inequalities, such as those resulting from structural racism, impact morbidity and mortality outcomes in diabetes^{16–18}. The scenario of social inequalities generates health inequities, with the historically most vulnerable groups being the most negatively affected¹⁹.

However, no study has investigated the presence of racial/ethnic disparity in the practice of PA in people with diabetes in Brazil. Therefore, this study aimed to examine the association between PA and diabetes-related complications according to the race groups in the Brazilian population.

Methods

Study design

This study utilized secondary data from the 2019 Brazilian National Health Survey (NHS) edition. The NHS is a cross-sectional, nationwide household-based survey developed by the Brazilian Institute for Geography and Statistics (IBGE) in collaboration with the Ministry of Health to provide insights into the health characteristics of the Brazilian population. Data from the NHS are publicly accessible and received approval from the Brazilian National Ethics Research Commission. Participants provided written informed consent.

The sampling process is based on a probabilistic and representative sample of the Brazilian population. Data collection involved interviewing selected participants in households aged 15 years or older. However, for this study, we only utilized data from respondents aged 18 years or older who had received clinical diabetes diagnoses and had data on four domains of PA. Further details about the sampling and data collection can be found elsewhere²⁰.

Exposures

In this study, sociodemographic information (sex, age, skin color, income, and education) and lifestyle data were utilized. One should note that, in the present study, race was self-determined based on skin color and classified as black, brown (or *pardo*), and white. Lifestyle information included questions about leisure-time, occupational, commuting, and domestic PA, alcohol consumption (never, less than once a month, less than once a week, 1-2 days/week, 3-4 days/week, 5+ days/week), and smoking (smoker, never smoked or ex-smoker).

Physical activity

We analyzed all PA domains (leisure-time, occupational, commuting, and domestic activities). The weekly time spent in each domain was calculated by multiplying the number of days per week by the time spent in these activities per day. For each domain, participants who performed at least 150 minutes of PA per week were considered physically active, according to the 2020

World Health Organization Guideline of Physical Activity and Sedentary Behavior²¹, while those who did not reach recommended levels were classified as physically inactive.

Leisure-time PA was assessed using the question: "In the last three months, have you practiced any type of physical exercise or sport? (do not consider physical therapy)". The following question assessed occupational PA: "At work, do you do heavy cleaning, carry weight, or do any other heavy activity that requires intense physical effort?". If yes, participants reported the frequency and time per day during a typical week. For commuting PA, we combined the following questions: "To get to or from work, do you travel on foot or by bicycle?" and "In your usual activities (such as going to a course, school, or club or taking someone to a course, school or club), how many days a week do you do any activity that involves walking or cycling? (Except work)". If participants answered yes to these questions, we asked the number of days per week and duration. For domestic PA, we used the following question: "In your domestic activities, do you do heavy cleaning, carry weight or do any other heavy activity that requires intense physical effort? (do not consider activity)".

Outcome

The NHS questionnaire addressed questions about different chronic health conditions. The medical diagnosis of DM was assessed using the following question: "Has a doctor ever diagnosed you with diabetes?". Among the participants who reported yes, the diabetes-related complications were investigated by asking, "Do you have or have you had any of these complications due to diabetes?". The answer options were a) vision problems, b) heart attack or stroke or other circulatory problems, c) kidney problems, d) foot ulcer/wound or amputation of limbs (feet, legs, hands or arms), e) diabetic coma, and f) other. Participants who answered yes to at least one complication associated with DM were included in the statistical analysis.

Statistical analysis

Descriptive analyses were performed using means with their respective 95% confidence intervals (95%CI), standard deviation (\pm SD), or median and interquartile range for continuous variables. Categorical variables were summarized using total and relative frequencies.

We used ternary plots to illustrate the contribution of each PA domain to the overall PA. We aggregated domestic and occupational PA to fit a three-part component. We used Poisson regression with robust variance to examine the association between each domain of PA (leisure-

time, occupational, domestic, and commuting) and the presence of diabetes-related complications, stratified by race. This analysis was adjusted for age, sex, income, smoking, alcohol consumption, and hypertension. These variables were associated with the probability of diabetes-related complications ($p < 0.20$) (Supplementary Table 1). Results are presented in tables, providing prevalence ratios with their respective 95%CI and figures. The analyses were performed using STATA v.14.2 (Stata Corp, College Station, Texas, USA) and R Version 4.2.1. (R Core Team, 2021, The R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria).

Results

Sample characteristics

We analyzed data from 2,529 adults with diabetes in Brazil with valid data on PA, diabetes-related complications, and covariates (Supplementary Figure 1). Table 1 illustrates the sociodemographic and behavioral characteristics of participants with diabetes, stratified by race in the Brazilian population. A total of 2,529 people were enrolled in this study, with 48.9% female and an average age of 53.5 (± 11.9) years. Approximately 31.4% reported a per capita income >1 and <2 minimum wages. A significant proportion of participants completed less than elementary school (43.9%). Most participants (61.4%) reported no alcohol consumption, while 11.1% were current smokers. Nearly 35.7% of the sample were categorized as overweight. Additionally, 55.4% had been diagnosed with hypertension, and 29.7% experienced diabetes-related complications, with vision impairment being the most common at 23.8%.

Racial disparities in physical activity

We identified racial disparities in domain-specific PA levels among participants with diabetes in the Brazilian population. Black individuals practiced more PA in occupational and commuting domains than white ($p = 0.002$ and $p < 0.001$, respectively) and brown ($p = 0.001$ in both domains) participants (Supplementary Table 2). They also practiced less leisure-time PA than white participants. No difference was observed in the domestic domain across groups. We also illustrated the proportion of weekly PA spent in each domain according to race in Supplementary Figure 2.

We compared the proportion of the time spent in each PA domain. Participants spent more time in occupational PA regardless of the racial/ethnic group ($p = 0.099$), with proportions varying from 66.7% in brown to 69.2% in white participants (Figure 1). We observed no significant

difference in the proportion of weekly PA spent in domestic activities among race groups ($p=0.283$). However, white participants spent less time commuting PA than black ($p=0.002$) and brown ($p=0.001$) participants (Figure 1). Leisure-time PA was the domain with the lowest engagement across ethnic groups. The proportion of weekly PA practiced during leisure time is lower in black than white adults with diabetes in Brazil ($p=0.012$).

Diabetes-related complications

We observed that participants with diabetes-related complications spent less time in leisure-time PA than those without (Supplementary Figure 3). Table 3 shows the association between domain-specific PA and diabetes-related complications. We observed that reaching the recommended levels of PA during leisure was associated with a lower probability of any complication, experiencing impairment in vision and circulatory system, kidney problems, and foot ulcers compared to individuals with physically inactive participants with diabetes. Meeting the recommendations for PA in domestic activities was associated with a lower probability of foot ulcers. Commuting and occupational domains were not associated with the presence of diabetes-related complications.

Black participants showed a higher probability of vision complications associated with diabetes than their white counterparts (PR: 1.16; 95%CI: 1.00, 1.33; Supplementary Figure 4). No other associations between race and complications were observed. However, there was a significant interaction term ($p=0.046$) between race and leisure-time PA with the probability of diabetes-related complications (Figure 2). Compared to white, physically active participants, active Brown and Black participants showed a higher probability of any complications and vision complications. Physical inactivity was associated with a higher probability of any and vision complications regardless of race. In addition, physical inactivity was associated with a higher probability of kidney, circulatory, and vision complications in Brown compared to active, white adults. However, PA attenuated the probability of any, kidney, ulcer, and circulatory complications in Brown participants (Figure 2).

We examined the association between domain-specific PA, measured in minutes per week, and diabetes-related complications according to race using Poisson regression with robust variance with restricted cubic splines (Supplementary Table 2 and Supplementary Figures 5-8). We observed no statistically significant associations. However, leisure-time PA was inversely associated with a reduced likelihood of developing foot ulcers ($p=0.034$). We observed that the

probability of foot ulcer decreases through the spectrum of leisure-time PA in white participants. However, only high levels of leisure-time PA (500 minutes per week, 3.3x higher than the WHO recommendation) were associated with a lower probability of foot ulcers in Brown and Black individuals compared to white participants engaging in zero leisure activity per week (Supplementary Figure 9).

Physical activity counseling

We also compared the proportion of participants who reached the recommended level of PA during leisure time according to PA counseling during medical visits (Supplementary Figure 10). Although we observed no difference in PA counseling among race ($p=0.472$), the proportion of physically active participants was higher in those who received PA counseling (16.7% vs 3.5%).

Discussion

This study aimed to examine the association between PA and diabetes-related complications according to the ethnicity in the Brazilian population. Overall, the PA adherence in leisure time was lower among all groups. However, we identified disparities in PA practices and diabetes-related complications among the racial groups. White participants spent less time commuting and more time in leisure-time PA compared to black participants. Also, Brown and Black participants showed a higher probability of any complications and vision complications. Physical inactivity was associated with a higher probability of all-cause and vision complications regardless of race. In contrast, leisure-time PA was inversely associated with less likelihood of foot ulcer development.

The unfavorable socioeconomic characteristics of our sample, such as lower per capita minimum wages and lower levels of education, are factors directly associated with the social determinants of health and are linked to lower PA participation, especially in leisure time²². It is important to note that individual self-care behaviors do not solely determine adherence to PA recommendations by the population. In the context of race, white participants are more likely to reach sufficient PA levels compared to other ethnic groups, particularly in comparison to black individuals^{23,24}. Persistent profiles of individuals engaging in recommended levels of PA, especially in leisure-time PA, tend to be male, young, white, with higher levels of education, and those with better socioeconomic status^{13,25}.

Black participants demonstrated a higher likelihood of engaging in PA within the occupational and commuting domains. In light of this finding, it is crucial to consider the occupational PA paradox, which explores both the benefits and potential harmful effects associated with occupational PA. As evidence suggests, high levels of occupational PA can benefit certain health aspects, such as reducing the risk of certain cancers (e.g., colon and prostate), coronary heart disease, ischemic stroke, and promoting mental well-being²⁶. On the other hand, high occupational PA levels have been associated with adverse health effects, including an increased risk of all-cause mortality in men, depression, anxiety, osteoarthritis, and sleep disturbances²⁶. Also, the health effects of occupational PA appear to be detrimental in people living with cardiovascular disease and type 2 diabetes^{27,28}. This paradox is characterized by divergent research findings, particularly when considering ethnic differences^{29,30}.

The disparity in commuting PA between black and white participants can be attributed to various factors. One of the key elements contributing to this difference is impaired walkability, meaning that certain neighborhoods lack infrastructure conducive to walking or cycling. Additionally, socioeconomic factors such as low income and limited access to education play a role. These circumstances often limit transportation options, compelling individuals, particularly those from disadvantaged backgrounds, to rely on active commuting methods. This phenomenon underscores the pivotal role of environmental and transport conditions in shaping commuting behaviors. Previous studies emphasize how individuals in economically challenged situations tend to opt for active modes of commuting due to the specific characteristics of their built environment^{31,32}. This suggests a complex interplay between socio-economic factors, neighborhood infrastructure, and commuting choices, shedding light on the multifaceted nature of commuting PA disparities between racial and ethnic groups.

Regardless of the race, our observations revealed a compelling trend: those who engaged in regular physical activity (PA) during their leisure time experienced significantly lower probabilities of diabetes-related complications compared to their physically inactive counterparts. Specifically, individuals who met the recommended levels of PA exhibited reduced risks of complications such as impaired vision, circulatory issues, kidney problems, and foot ulcers. This noteworthy finding underscores the substantial health benefits associated with engaging in regular PA among people living with diabetes. The positive outcomes can be attributed to the physiological effects of PA on glycemic management, a process crucial for individuals with diabetes. Previous research studies have consistently highlighted the positive

impact of PA on glycemic control^{33,34}. By actively managing blood sugar levels, regular PA not only contributes to overall well-being but also serves as a pivotal factor in mitigating diabetes-related complications, thereby enhancing the quality of life for individuals grappling with this chronic condition.

However, Brown and Black participants exhibited a higher likelihood of experiencing complications. Black individuals with diabetes in Brazil have a greater probability of developing microvascular lesions³⁵. This may be linked to the higher prevalence of other comorbidities associated with poorer cardiovascular health, such as obesity and hypertension, in this population.^{36,37} Furthermore, engaging in leisure-time PA was associated with a reduced likelihood of vision, ulcers, and any diabetes-related complications. However, our study revealed that Black individuals spend less time in this realm of PA compared to their White counterparts. Our findings highlight the racial disparities in diabetes-related complications and underscore the importance of addressing these disparities through targeted interventions and health promotion efforts.

Furthermore, previous observations have highlighted the significant impact of race on health outcomes, underscoring the pervasive influence of structural racism on health outcomes^{38,39}. Regrettably, there is ample evidence indicating suboptimal management of historical minority groups, particularly in terms of glycated hemoglobin (HbA1c) control, leading to unfavorable outcomes in diabetes among vulnerable populations⁴⁰. In Brazil, such race-based analyses are scarce. However, some evidence suggests that individuals from Black and Brown communities living in disadvantaged circumstances are at a higher risk of developing hypertension and diabetes and a higher probability of having unhealthy behavior⁴¹. Our study further supports the existing evidence that highlights the increased risks encountered by individuals from Black and Brown communities in disadvantaged situations, encompassing both health conditions and unhealthy behaviors in Brazil.

The detrimental effects of racial inequalities, especially when combined with other social determinants of health, on individual and population-level health outcomes have been well-established¹². Over time, skin color has determined access to diagnosis, management, diabetes education, and an individual's ability to address and prevent potential diabetes-related complications and mortality⁴². Furthermore, the deep-seated roots of racism also impact an individual's psychosocial factors, which, in turn, contribute to perpetuating the disparities in

healthcare among the Black population (e.g., self-efficacy, social support, chronic stress, discrimination)^{17,18}.

Additionally, we must acknowledge some limitations in our study. We did not have access to clinical data, such as objective measures of HbA1c for estimating glycemic control. Our PA assessment was based on indirect measurements, although this was the available tool given our sample size. However, this population-based study provides a comprehensive exploration of various domains of PA, a perspective not commonly utilized in studies on PA in Brazil, particularly regarding its ethnic considerations. In addition, self-reported questions, such as the ones used in the survey, are widely used in other population-based surveys, thus improving comparability between studies.

In conclusion, we examined the association between PA and diabetes-related complications according to the race groups in the Brazilian population. Our findings revealed significant racial disparities in PA adherence in individuals with diabetes in Brazil. We also demonstrated that the association between PA and diabetes-related complications is domain-specific. This highlights the need for targeted interventions considering the different needs in PA promotion strategies among the racial groups to address these disparities and improve overall health outcomes for all racial groups according to their specific needs and opportunities. We also emphasize the necessity for experimental and observational studies to consider the epidemiological characteristics of the Brazilian population, considering the proportion of Black and White individuals, from participant selection to the dissemination of study results.

Acknowledgments: We appreciate the access to the 2019 National Health Survey data provided by the Brazilian Institute for Geography and Statistics (IBGE) and the Ministry of Health. Additionally, this study was financed in part by Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior–Brazil (CAPES)–Finance Code 001.

Conflict of interest: None.

Funding: None.

References

1. Roberto Nunes Guedes Secretário Especial de Fazenda Waldery Rodrigues Junior P, Susana Cordeiro Guerra Diretora-Executiva Marise Maria Ferreira P, Luiz Rios Neto EG, et al. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE.

2. Dos Reis RCP, Duncan BB, Szwarcwald CL, Malta DC, Schmidt MI. Control of Glucose, Blood Pressure, and Cholesterol among Adults with Diabetes: The Brazilian National Health Survey. *Journal of Clinical Medicine* 2021, Vol 10, Page 3428 [Internet] 2021 [cited 2023 Dec 6];10(15):3428. Available from: <https://www.mdpi.com/2077-0383/10/15/3428/htm>
3. Nilson EAF, Santin Andrade R da C, de Brito DA, de Oliveira ML. Custos atribuíveis a obesidade, hipertensão e diabetes no Sistema Único de Saúde, Brasil, 2018. *Rev Panam Salud Publica*;44, abr 2020 [Internet] 2020 [cited 2023 Dec 6];44. Available from: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/51945>
4. Santos AC, Willumsen J, Meheus F, Ilbawi A, Bull FC. The cost of inaction on physical inactivity to public health-care systems: a population-attributable fraction analysis. *Lancet Glob Health* [Internet] 2023 [cited 2023 Jun 25];11(1):e32–9. Available from: <http://www.thelancet.com/article/S2214109X22004648/fulltext>
5. Smith AD, Crippa A, Woodcock J, Brage S. Physical activity and incident type 2 diabetes mellitus: a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *Diabetologia* [Internet] 2016 [cited 2023 Dec 6];59(12):2527–45. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27747395/>
6. Rietz M, Lehr A, Mino E, et al. Physical Activity and Risk of Major Diabetes-Related Complications in Individuals With Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis of Observational Studies. *Diabetes Care* [Internet] 2022 [cited 2023 Dec 6];45(12):3101–11. Available from: <https://dx.doi.org/10.2337/dc22-0886>
7. Pereira WVC, Vancea DMM, de Andrade Oliveira R, et al. 2022: Position of Brazilian Diabetes Society on exercise recommendations for people with type 1 and type 2 diabetes. *Diabetol Metab Syndr* [Internet] 2023 [cited 2023 Dec 6];15(1):1–20. Available from: <https://dmsjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13098-022-00945-3>
8. Forechi L, Mill JG, Griep RH, Santos I, Pitanga F, Molina M del CB. Adherence to physical activity in adults with chronic diseases: ELSA-Brasil. *Rev Saude Publica* [Internet] 2018 [cited 2023 Dec 25];52. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29641656/>
9. Mielke GI, Stopa SR, Gomes CS, et al. Leisure time physical activity among Brazilian adults: National Health Survey 2013 and 2019. *Revista Brasileira de Epidemiologia* [Internet] 2021 [cited 2023 Dec 25];24:e210008. Available from: <https://www.scielo.br/j/rbepid/a/HfdWw5LtprNkhRh89BH96rc>
10. Crochemore-Silva I, Knuth AG, Mielke GI, Loch MR. Promoção de atividade física e as políticas públicas no combate às desigualdades: reflexões a partir da Lei dos Cuidados Inversos e Hipótese da Equidade Inversa. *Cad Saude Publica* [Internet] 2020 [cited 2023 Dec

- 25];36(6):e00155119. Available from:
<https://www.scielo.br/j/csp/a/8wfs4JsfmXNfwpKQCSN3jxd/abstract/?lang=pt>
11. Diderichsen F, Andersen I, Mathisen J. How does socioeconomic development in Brazil shape social inequalities in diabetes? *Glob Public Health* [Internet] 2020 [cited 2023 Dec 25];15(10):1454–62. Available from:
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17441692.2020.1763419>
12. Hill-Briggs F, Adler NE, Berkowitz SA, et al. Social Determinants of Health and Diabetes: A Scientific Review. *Diabetes Care* [Internet] 2021 [cited 2023 Dec 25];44(1):258–79. Available from: <https://dx.doi.org/10.2337/dci20-0053>
13. Casas RCR Las, Bernal RTI, Jorge A de O, Melo EM de, Malta DC. Fatores associados à prática de Atividade Física na população brasileira - Vigitel 2013. *Saúde em Debate* [Internet] 2018 [cited 2023 Dec 25];42(spe4):134–44. Available from:
<https://www.scielo.br/j/sdeb/a/XQg8JS3438rPw96t7tWhwFw/?lang=pt>
14. Watkins DA, Ali MK. Measuring the global burden of diabetes: implications for health policy, practice, and research. *Lancet* [Internet] 2023 [cited 2023 Dec 25];402(10397):163–5. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37356449/>
15. Ong KL, Stafford LK, McLaughlin SA, et al. Global, regional, and national burden of diabetes from 1990 to 2021, with projections of prevalence to 2050: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *The Lancet* [Internet] 2023 [cited 2023 Dec 25];402(10397):203–34. Available from:
<http://www.thelancet.com/article/S0140673623013016/fulltext>
16. Hassan S, Gujral UP, Quarells RC, et al. Disparities in diabetes prevalence and management by race and ethnicity in the USA: defining a path forward. *Lancet Diabetes Endocrinol* [Internet] 2023 [cited 2023 Dec 25];11(7):509–24. Available from:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37356445/>
17. Agarwal S, Wade AN, Mbanya JC, et al. The role of structural racism and geographical inequity in diabetes outcomes. *Lancet* [Internet] 2023 [cited 2023 Dec 25];402(10397):235–49. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37356447/>
18. Walker RJ, Strom Williams J, Egede LE. Influence of Race, Ethnicity and Social Determinants of Health on Diabetes Outcomes. *Am J Med Sci* [Internet] 2016 [cited 2023 Dec 25];351(4):366–73. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27079342/>
19. De Azevedo Barros MB, Lima MG, Medina LDPB, Szwarcwald CL, Malta DC. Social inequalities in health behaviors among Brazilian adults: National Health Survey, 2013. *Int J*

- Equity Health [Internet] 2016 [cited 2023 Dec 25];15(1):1–10. Available from: <https://equityhealthj.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12939-016-0439-0>
20. de Souza Júnior PRB, Szwarcwald CL, da Silva de Almeida W, et al. Comparison of sampling designs from the two editions of the *Brazilian National Health Survey*, 2013 and 2019. *Cad Saude Publica* [Internet] 2022 [cited 2023 Dec 25];38:e00164321. Available from: <https://www.scielo.br/j/csp/a/fnwTvZZmDhTh4GLT3FG8DNQ/>
21. World Health Organization. WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour. 2020;
22. Cruz DKA, da Silva KS, Lopes MVV, Parreira FR, Pasquim HM. Iniquidades socioeconômicas associadas aos diferentes domínios da atividade física: resultados da Pesquisa Nacional de Saúde 2019. *Epidemiologia e Serviços de Saúde* [Internet] 2022 [cited 2023 Dec 25];31(Special issue 1):e2021398. Available from: <https://www.scielo.br/j/ress/a/ss6NvBGJVMvLk39s9kzPNqp/?lang=pt>
23. Newsom JT, Denning EC, Elman MR, et al. Physical Activity as a Mediator Between Race/Ethnicity and Changes in Multimorbidity. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci* [Internet] 2022 [cited 2023 Dec 25];77(8):1529–38. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34374757/>
24. Marshall SJ, Jones DA, Ainsworth BE, Reis JP, Levy SS, Macera CA. Race/ethnicity, social class, and leisure-time physical inactivity. *Med Sci Sports Exerc* [Internet] 2007 [cited 2023 Dec 25];39(1):44–51. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17218883/>
25. Hallal PC, Andersen LB, Bull FC, et al. Global physical activity levels: surveillance progress, pitfalls, and prospects. *The lancet* 2012;380(9838):247–57.
26. Cillekens B, Lang M, Van Mechelen W, et al. How does occupational physical activity influence health? An umbrella review of 23 health outcomes across 158 observational studies. *Br J Sports Med* [Internet] 2020 [cited 2023 Dec 25];54(24):1474–81. Available from: <https://bjsm.bmj.com/content/54/24/1474>
27. Holtermann A, Krause N, Van Der Beek AJ, Straker L. The physical activity paradox: six reasons why occupational physical activity (OPA) does not confer the cardiovascular health benefits that leisure time physical activity does. *Br J Sports Med* [Internet] 2018 [cited 2023 Dec 25];52(3):149–50. Available from: <https://bjsm.bmj.com/content/52/3/149>
28. Bonekamp NE, Visseren FLJ, Ruigrok Y, et al. Leisure-time and occupational physical activity and health outcomes in cardiovascular disease. *Heart* [Internet] 2023 [cited 2023 Dec 25];109(9):686–94. Available from: <https://heart.bmj.com/content/109/9/686>

29. Prince SA, Rasmussen CL, Biswas A, et al. The effect of leisure time physical activity and sedentary behaviour on the health of workers with different occupational physical activity demands: a systematic review. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* [Internet] 2021 [cited 2023 Dec 25];18(1):1–17. Available from: <https://ijbnpa.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12966-021-01166-z>
30. Richard A, Martin B, Wanner M, Eichholzer M, Rohrmann S. Effects of leisure-time and occupational physical activity on total mortality risk in NHANES III according to sex, ethnicity, central obesity, and age. *J Phys Act Health* [Internet] 2015 [cited 2023 Dec 25];12(2):184–92. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24770336/>
31. Ferrari G, Werneck AO, Da Silva DR, et al. Is the perceived neighborhood built environment associated with domain-specific physical activity in Latin American adults? An eight-country observational study. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* [Internet] 2020 [cited 2023 Dec 25];17(1):1–14. Available from: <https://ijbnpa.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12966-020-01030-6>
32. Ferrari G, Dulgheroff PT, Claro RM, Rezende LFM, Azeredo CM. Socioeconomic inequalities in physical activity in Brazil: a pooled cross-sectional analysis from 2013 to 2019. *Int J Equity Health* [Internet] 2021 [cited 2023 Dec 25];20(1):1–9. Available from: <https://equityhealthj.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12939-021-01533-z>
33. Johansen MY, Macdonald CS, Hansen KB, et al. Effect of an Intensive Lifestyle Intervention on Glycemic Control in Patients With Type 2 Diabetes: A Randomized Clinical Trial. *JAMA* [Internet] 2017 [cited 2023 Dec 25];318(7):637–46. Available from: <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2648632>
34. Umpierre D, Ribeiro PAB, Kramer CK, et al. Physical Activity Advice Only or Structured Exercise Training and Association With HbA1c Levels in Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA* [Internet] 2011 [cited 2023 Dec 25];305(17):1790–9. Available from: <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/899553>
35. Gerchman F, Zanatta CM, Burtet LM, et al. Vascular complications of black patients with type 2 diabetes mellitus in Southern Brazil. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* [Internet] 2008 [cited 2023 Dec 25];41(8):668–73. Available from: <https://www.scielo.br/j/bjmb/a/WR9NKtHHFTLtLkcfYczvQjf/?lang=en>
36. Marques AP, Szwarcwald CL, De Souza-Junior PRB, Malta DC, Montilla DER. Prevalence of arterial hypertension in Brazilian adults and its associated factors and activity limitations: a cross-sectional study. *Sao Paulo Med J* [Internet] 2019 [cited 2024 Apr 1];137(4):312–21. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31691763/>

37. Estivaleti JM, Guzman-Habinger J, Lobos J, et al. Time trends and projected obesity epidemic in Brazilian adults between 2006 and 2030. *Scientific Reports* 2022 12:1 [Internet] 2022 [cited 2024 Apr 1];12(1):1–8. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-16934-5>
38. Nicholas SB, Kalantar-Zadeh K, Norris KC. Socioeconomic disparities in chronic kidney disease. *Adv Chronic Kidney Dis* [Internet] 2015 [cited 2023 Dec 25];22(1):6–15. Available from: <http://www.akdh.org/article/S1548559514001086/fulltext>
39. Phelan JC, Link BG. Is Racism a Fundamental Cause of Inequalities in Health? <https://doi.org/10.1146/annurev-soc-073014-112305> [Internet] 2015 [cited 2023 Dec 25];41:311–30. Available from: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-soc-073014-112305>
40. Haw JS, Shah M, Turbow S, Egeolu M, Umpierrez G. Diabetes Complications in Racial and Ethnic Minority Populations in the USA. *Curr Diab Rep* [Internet] 2021 [cited 2023 Dec 25];21(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33420878/>
41. Barber S, Diez Roux A V., Cardoso L, et al. At the intersection of place, race, and health in Brazil: Residential segregation and cardio-metabolic risk factors in the Brazilian Longitudinal Study of Adult Health (ELSA-Brasil). *Soc Sci Med* [Internet] 2018 [cited 2023 Dec 25];199:67–76. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28821371/>
42. Young C, Myers AK. Racial and Ethnic Disparities in Diabetes Clinical Care and Management: A Narrative Review. *Endocr Pract* [Internet] 2023 [cited 2023 Dec 25];29(4):295–300. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36464131/>

Figure legend

Figure 1. Distribution of physical activity by domains in Brazilian adults with diabetes stratified by race. Brazilian National Health Survey, 2019. (n=2,529)

Figure 2. The probability of diabetes-related complications by race and physical activity level among people with diabetes. Brazilian National Health Survey, 2019. (n=2,529). Participants who performed at least 150 minutes of PA per week were considered “active”, according to the 2020 World Health Organization Guideline of Physical Activity and Sedentary Behavior. Participants not reaching this cutoff were defined as “inactive”.

Table 1. Characteristics of participants with diabetes by race in the Brazilian population. Brazilian National Health Survey, 2019. (n=2,529)

	White (N=931)	Black (N=330)	Brown (N=1215)	Overall (N=2529)
Sex, female	408 (43.8%)	189 (57.3%)	617 (50.8%)	1237 (48.9%)
Age, year	54.9 (12.0)	52.3 (11.6)	52.7 (11.9)	53.5 (11.9)
Income per capita, in MW				
<0.5	91 (9.8%)	67 (20.3%)	258 (21.2%)	424 (16.8%)
0.5-1	169 (18.2%)	97 (29.4%)	340 (28.0%)	615 (24.3%)
>1 & <2	301 (32.3%)	110 (33.3%)	371 (30.5%)	795 (31.4%)
2-3	152 (16.3%)	25 (7.6%)	113 (9.3%)	293 (11.6%)
>3	218 (23.4%)	31 (9.4%)	133 (10.9%)	402 (15.9%)
Schooling				
<i>Less than elementary school</i>	354 (38.0%)	152 (46.1%)	588 (48.4%)	1111 (43.9%)
<i>Incomplete high school</i>	108 (11.6%)	42 (12.7%)	159 (13.1%)	315 (12.5%)
<i>Incomplete college</i>	269 (28.9%)	97 (29.4%)	317 (26.1%)	698 (27.6%)
<i>Completed college</i>	200 (21.5%)	39 (11.8%)	151 (12.4%)	405 (16.0%)
Alcohol				
<i>Never</i>	539 (57.9%)	197 (59.7%)	783 (64.4%)	1554 (61.4%)
<i>Less than once a month</i>	101 (10.8%)	31 (9.4%)	148 (12.2%)	288 (11.4%)
<i>Less than once a week</i>	39 (4.2%)	12 (3.6%)	40 (3.3%)	93 (3.7%)
<i>1-2 days/week</i>	183 (19.7%)	75 (22.7%)	189 (15.6%)	451 (17.8%)
<i>3-4 days/week</i>	27 (2.9%)	10 (3.0%)	34 (2.8%)	74 (2.9%)
<i>5+ days/week</i>	42 (4.5%)	5 (1.5%)	21 (1.7%)	69 (2.7%)
Body mass index				
<i>Normal</i>	204 (21.9%)	62 (18.8%)	234 (19.3%)	509 (20.1%)
<i>Overweight</i>	341 (36.6%)	110 (33.3%)	432 (35.6%)	902 (35.7%)
<i>Obesity</i>	305 (32.8%)	100 (30.3%)	361 (29.7%)	781 (30.9%)
Smoking				

<i>Smoker</i>	104 (11.2%)	37 (11.2%)	135 (11.1%)	289 (11.4%)
<i>Never smoked</i>	535 (57.5%)	193 (58.5%)	684 (56.3%)	1439 (56.9%)
<i>Ex-smoker</i>	292 (31.4%)	100 (30.3%)	396 (32.6%)	801 (31.7%)
Hypertension, yes	507 (54.5%)	196 (59.4%)	668 (55.0%)	1401 (55.4%)
Diabetes-related complication, yes				
<i>Vision impairment</i>	190 (20.4%)	85 (25.8%)	319 (26.3%)	603 (23.8%)
<i>Ulcer</i>	32 (3.4%)	7 (2.1%)	49 (4.0%)	89 (3.5%)
<i>Circulatory problem</i>	32 (3.4%)	10 (3.0%)	52 (4.3%)	96 (3.8%)
<i>Kidney impairment</i>	60 (6.4%)	14 (4.2%)	79 (6.5%)	156 (6.2%)
<i>Diabetic coma</i>	13 (1.4%)	5 (1.5%)	21 (1.7%)	39 (1.5%)
<i>Any diabetes-related complications</i>	248 (28.6%)	100 (30.3%)	393 (32.3%)	752 (29.7%)

MW: minimum wages.

Table 2. Association between domain-specific physical activity (minutes per week) and diabetes-related complications. Brazilian National Health Survey, 2019. (n=2,529)

PA Domain	Any complication	Vision	Circulatory	Kidney	Foot ulcers	Coma
<i>Domestic</i>	0.97 (0.86, 1.10)	0.99 (0.86, 1.15)	1.05 (0.70, 1.57)	0.95 (0.70, 1.30)	0.56 (0.33, 0.96)	1.30 (0.71, 2.38)
<i>Commuting</i>	1.04 (0.92, 1.19)	1.02 (0.88, 1.19)	0.83 (0.51, 1.34)	1.19 (0.86, 1.64)	0.85 (0.52, 1.40)	1.17 (0.59, 2.31)
<i>Occupational</i>	1.01 (0.90, 1.14)	1.01 (0.88, 1.16)	0.79 (0.52, 1.21)	1.18 (0.87, 1.58)	0.89 (0.59, 1.36)	0.80 (0.42, 1.51)
<i>Leisure-time</i>	0.78 (0.71, 0.86)	0.82 (0.74, 0.92)	0.59 (0.44, 0.80)	0.61 (0.48, 0.78)	0.51 (0.37, 0.70)	0.82 (0.52, 1.30)

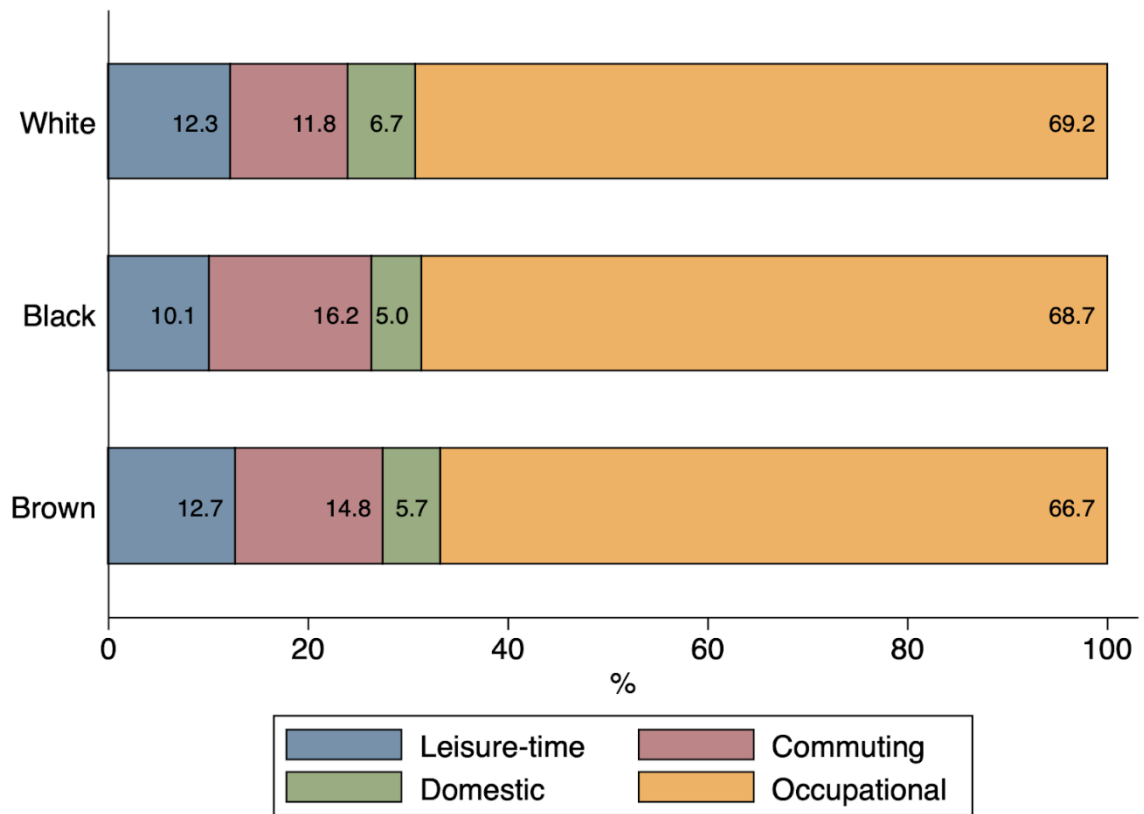


Figure 1. Distribution of physical activity by domains in Brazilian adults with diabetes stratified by race. Brazilian National Health Survey, 2019. (n=2,529)

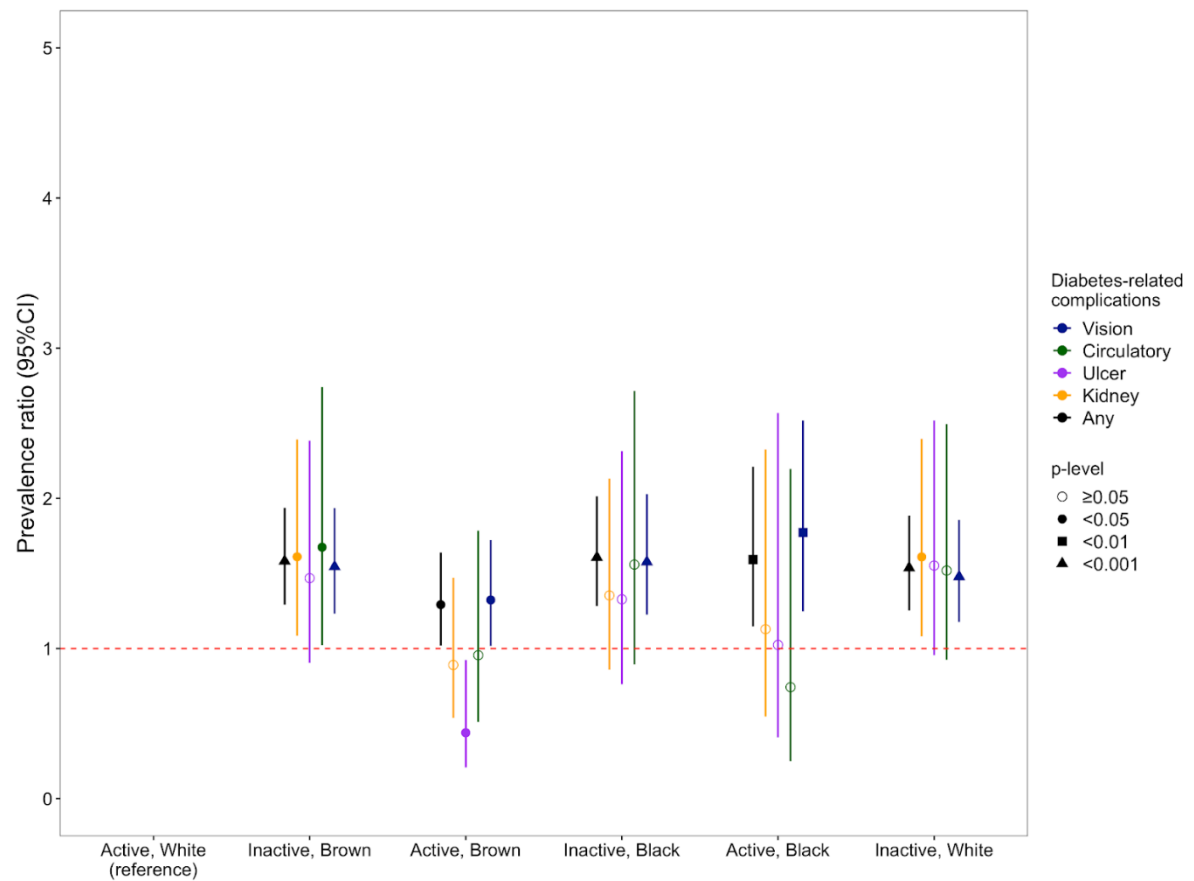


Figure 2. The probability of diabetes-related complications by race and physical activity level among people with diabetes. Brazilian National Health Survey, 2019. (n=2,529). Participants who performed at least 150 minutes of PA per week were considered “active”, according to the 2020 World Health Organization Guideline of Physical Activity and Sedentary Behavior. Participants not reaching this cutoff were defined as “inactive”.

Supplementary Table 1. Association between domain-specific physical activity (minutes per week) and diabetes-related complications. Brazilian National Health Survey, 2019. (n=2,529)

	PR	p-value
Sex, female	0.86 (0.81, 0.92)	<0.001
Age, year	0.99 (0.99, 0.99)	<0.001
Income per capita, in MW		<0.001
<0.5	Ref	
0.5-1	0.87 (0.80, 0.94)	
>1 & <2	0.83 (0.76, 0.91)	
2-3	0.76 (0.66, 0.87)	
>3	0.63 (0.55, 0.73)	
Schooling		0.084
<i>Less than elementary school</i>	Ref	
<i>Incomplete high school</i>	1.01 (0.92, 1.12)	
<i>Incomplete college</i>	0.95 (0.87, 1.04)	
<i>Completed college</i>	0.88 (0.76, 1.02)	
Alcohol		<0.001
<i>Never</i>	Ref	
<i>Less than once a month</i>	0.79 (0.69, 0.90)	
<i>Less than once a week</i>	0.65 (0.48, 0.87)	
<i>1-2 days/week</i>	0.68 (0.60, 0.78)	
<i>3-4 days/week</i>	1.03 (0.83, 1.29)	
<i>5+ days/week</i>	0.83 (0.64, 1.07)	
Body mass index		0.218
<i>Normal</i>	Ref	
<i>Overweight</i>	1.02 (0.93, 1.11)	
<i>Obesity</i>	0.95 (0.86, 1.04)	
Smoking		0.058
<i>Smoker</i>	Ref	
<i>Never smoked</i>	0.90 (0.81, 0.99)	
<i>Ex-smoker</i>	0.95 (0.86, 1.07)	
Hypertension, yes	1.14 (1.06, 1.22)	<0.001

Supplementary Table 2. Domain-specific physical activity level in participants with diabetes by race/ethnicity in the Brazilian population. Brazilian National Health Survey, 2019. (n=2,529)

	Occupational	Commuting	Domestic	Leisure
Skin color				
<i>White</i>	0 (0-480) ^b	0 (0-100) ^{b,c}	0 (0-0)	0 (0-90)
<i>Black</i>	30 (0-900) ^{a,c}	50 (0-200) ^{a,c}	0 (0-0)	0 (0-0) ^a
<i>Brown</i>	0 (0-540) ^b	20 (0-140) ^{a,b}	0 (0-0)	0 (0-75)
<i>p-value</i>	<0.001	<0.001	0.160	0.021

Values in median and interquartile range.

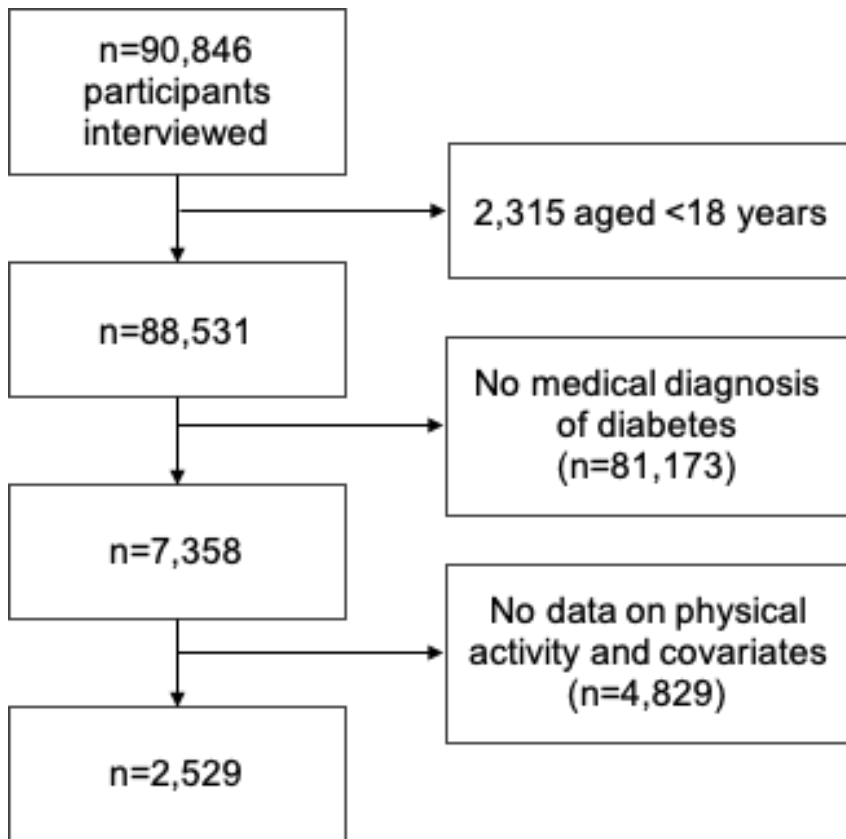
^a Statistically significant difference compared to white participants;

^b Statistically significant difference compared to black participants;

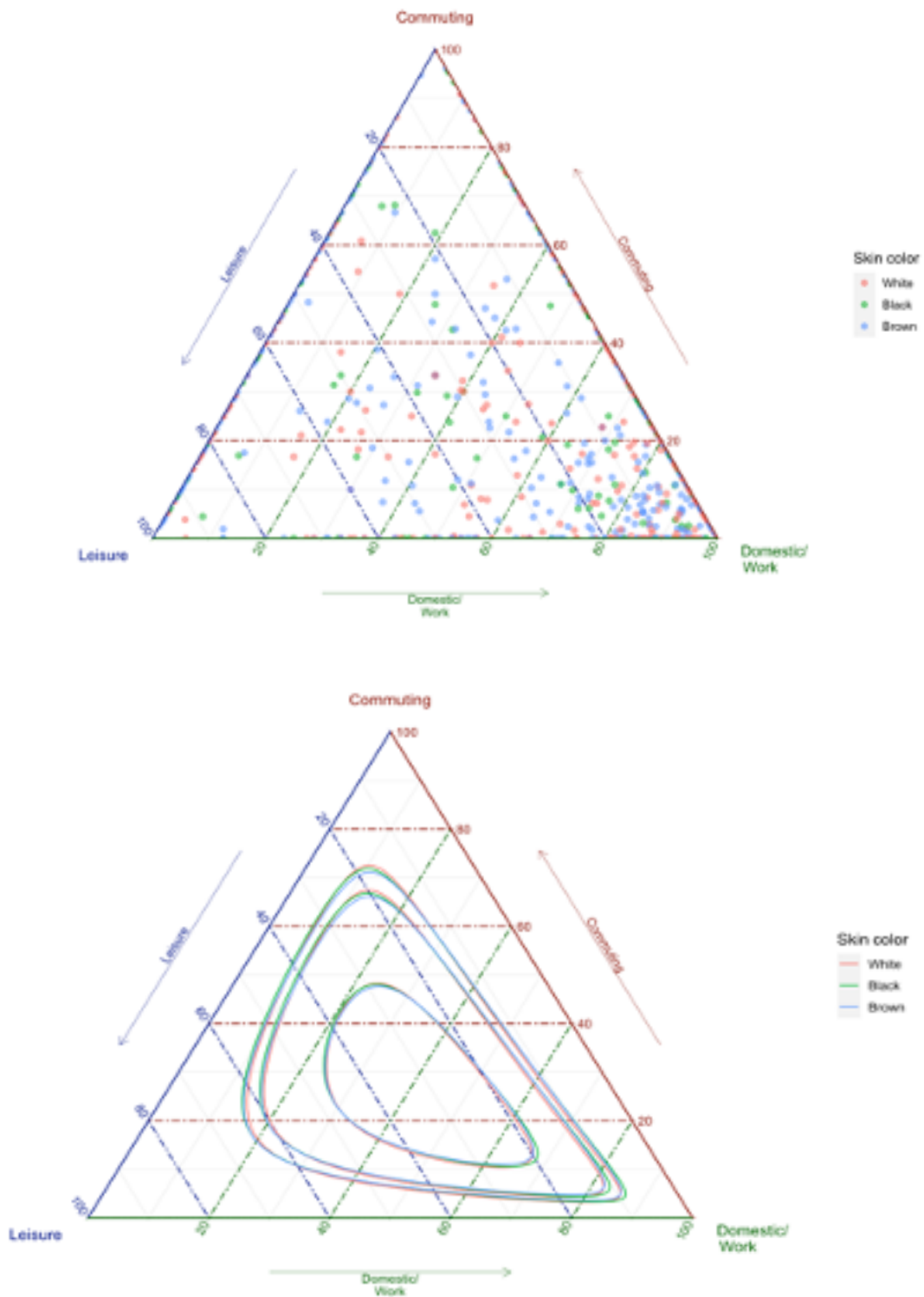
^c Statistically significant difference compared to brown participants.

Supplementary Table 3. Association between domain-specific physical activity (minutes per week) and diabetes-related complications. Brazilian National Health Survey, 2019. (n=2,529)

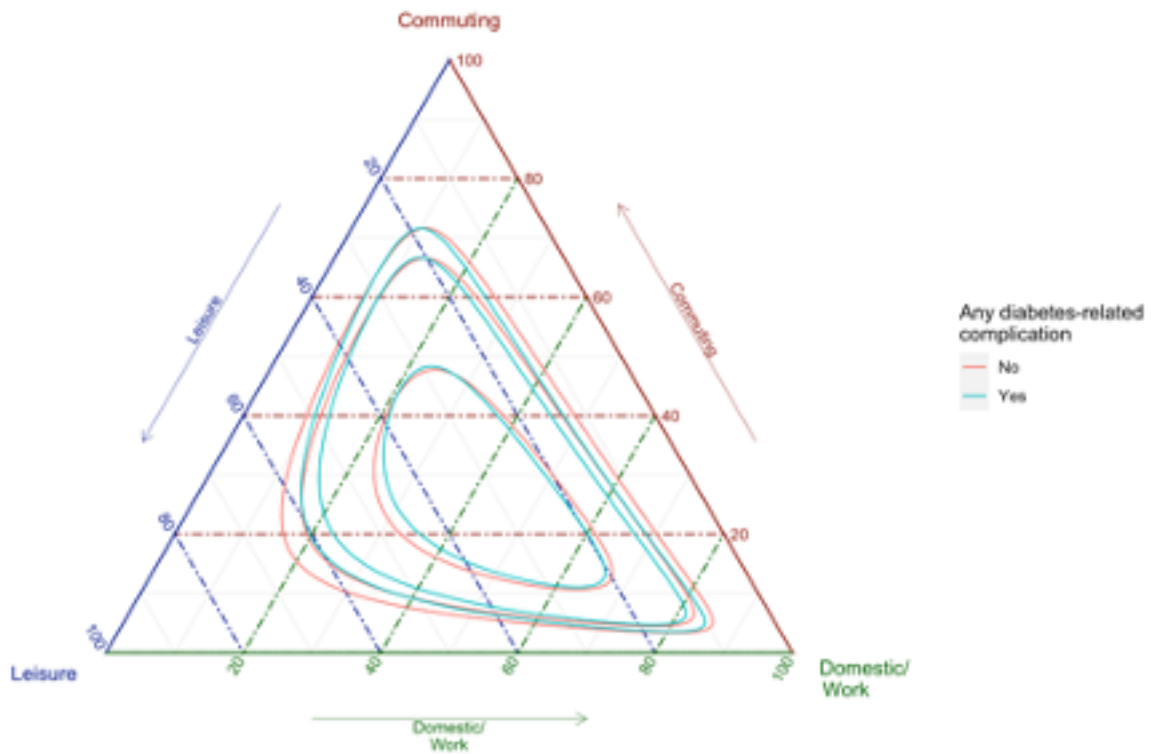
PA Domain	Any complication	Vision	Circulatory	Kidney	Ulcer	Coma
<i>Domestic</i>	<i>p=0.988</i>	<i>p=0.787</i>	<i>p=0.774</i>	<i>p=0.742</i>	<i>p=0.552</i>	<i>p=0.403</i>
<i>Commuting</i>	<i>p=0.600</i>	<i>p=0.470</i>	<i>p=0.231</i>	<i>p=0.403</i>	<i>p=0.339</i>	<i>p=0.723</i>
<i>Occupational</i>	<i>p=0.922</i>	<i>p=0.789</i>	<i>p=0.489</i>	<i>p=0.925</i>	<i>p=0.951</i>	<i>p=0.839</i>
<i>Leisure</i>	<i>p=0.619</i>	<i>p=0.875</i>	<i>p=0.913</i>	<i>p=0.240</i>	<i>p=0.034</i>	<i>p=0.140</i>



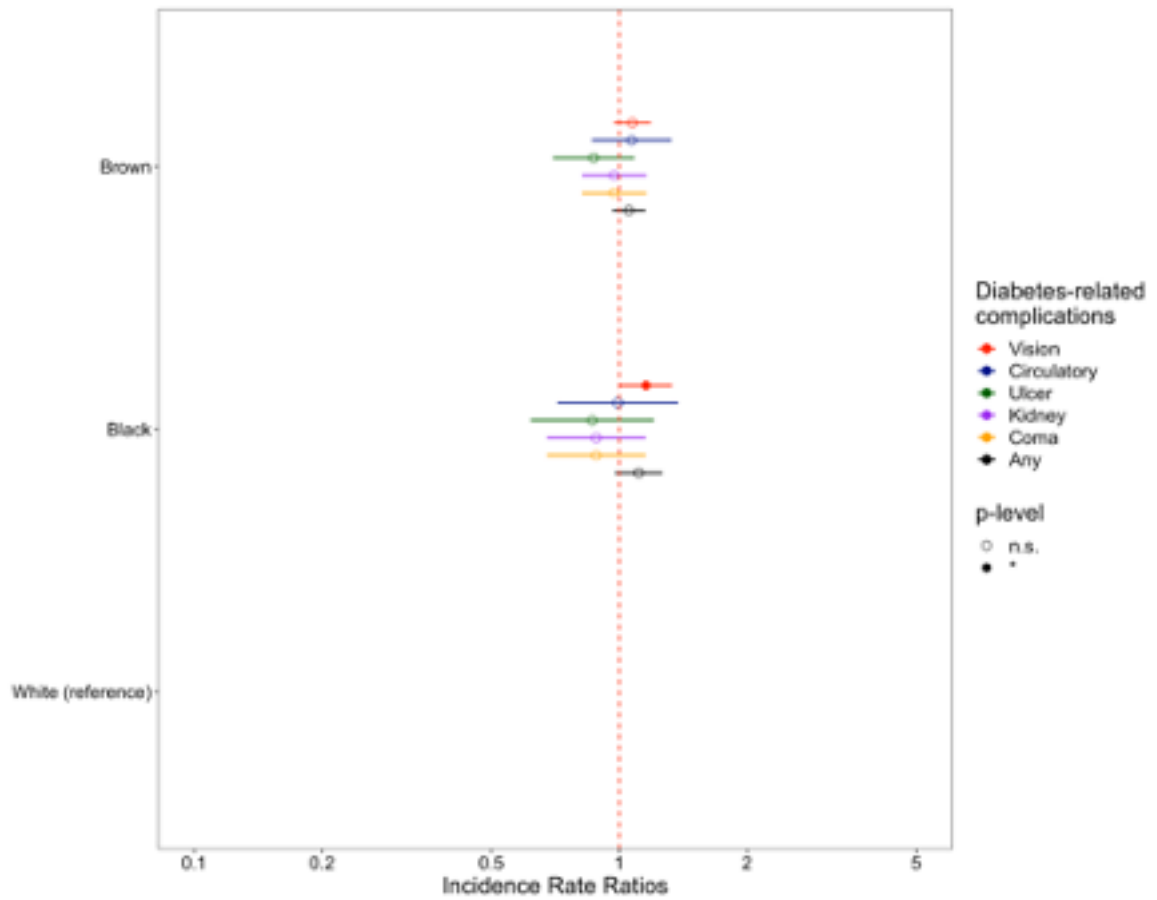
Supplementary Figure 1. Flowchart of inclusion of participants for the present study.



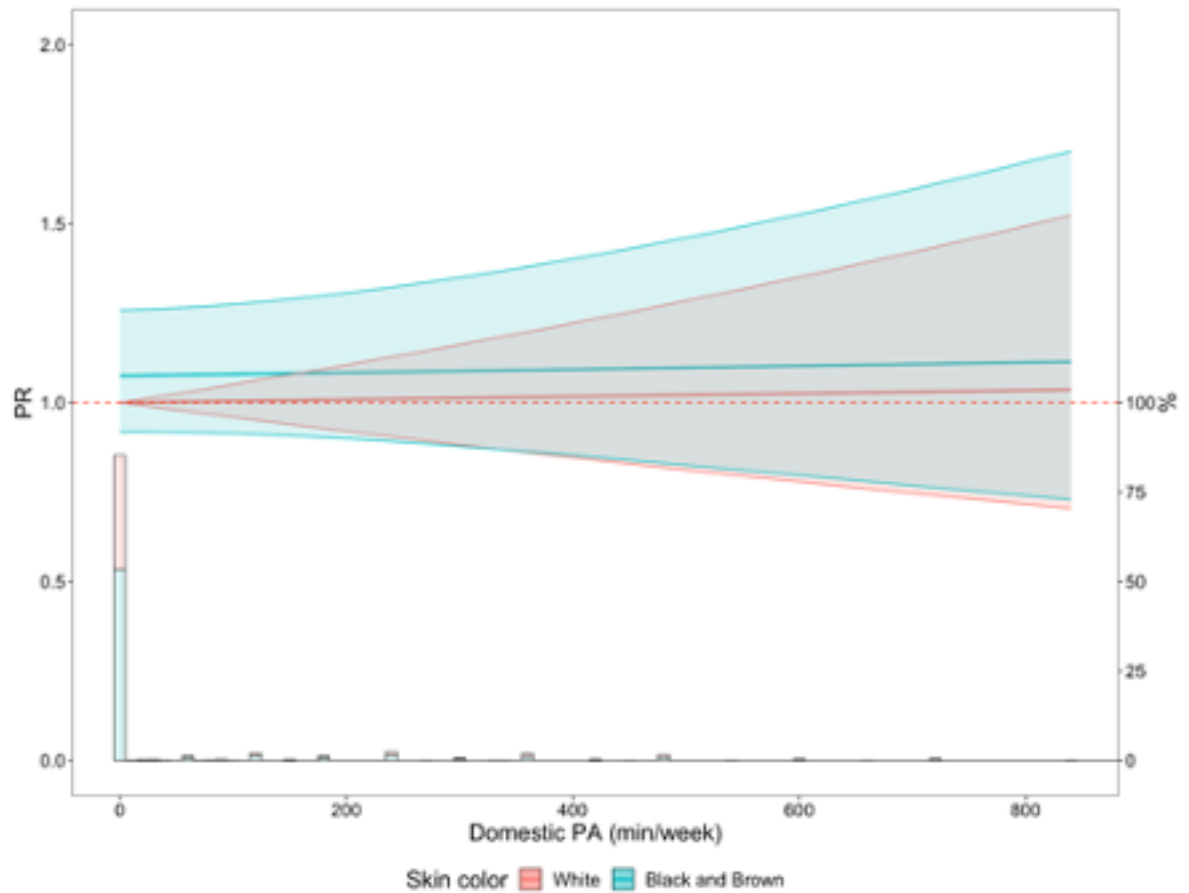
Supplementary Figure 2. Ternary plot of the distribution of three domains (leisure, commuting, and household plus occupational) of weekly physical activity according to skin color. Dots represent each participant (A), and circular rings represent 50%, 90%, and 95% confidence intervals of physical activity distribution.



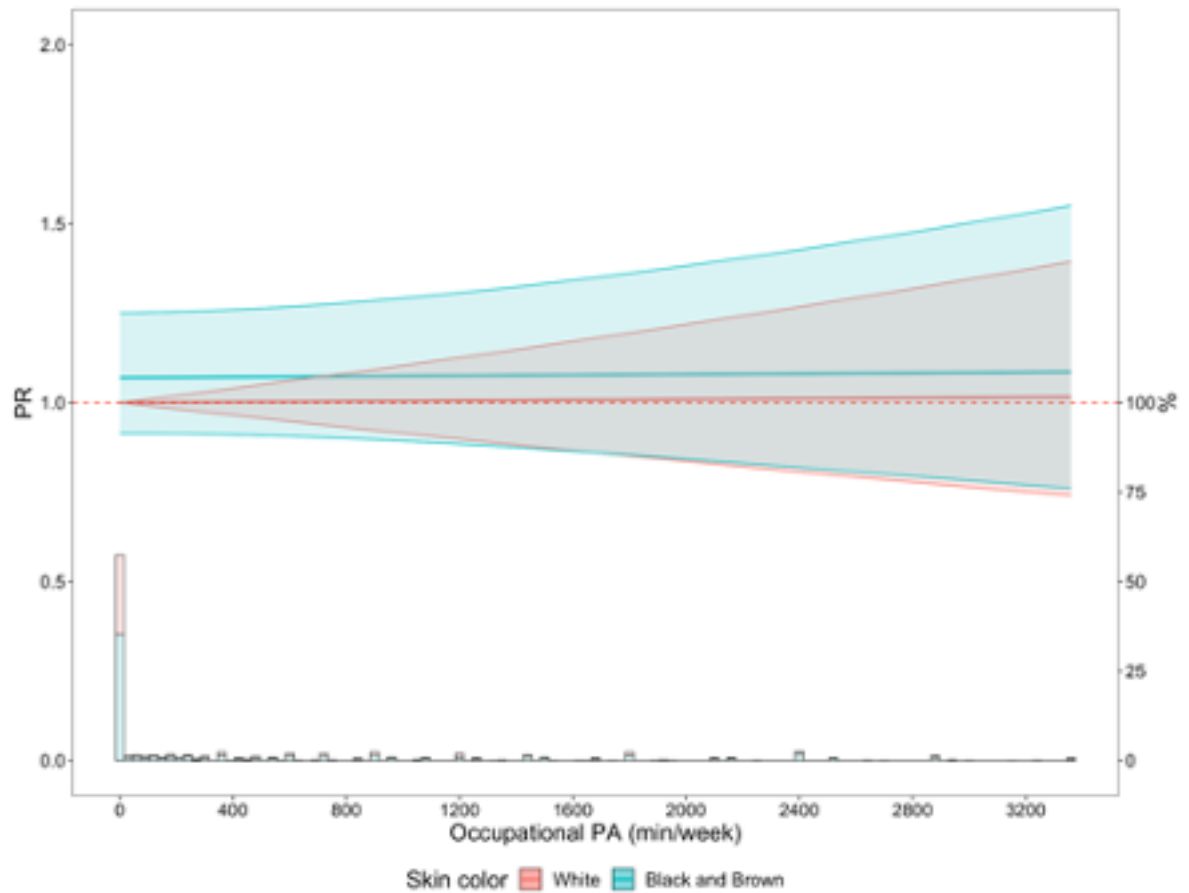
Supplementary Figure 3. Ternary plot of the distribution of three domains (leisure, commuting, and household plus occupational) of weekly physical activity according to any diabetes-related complication.



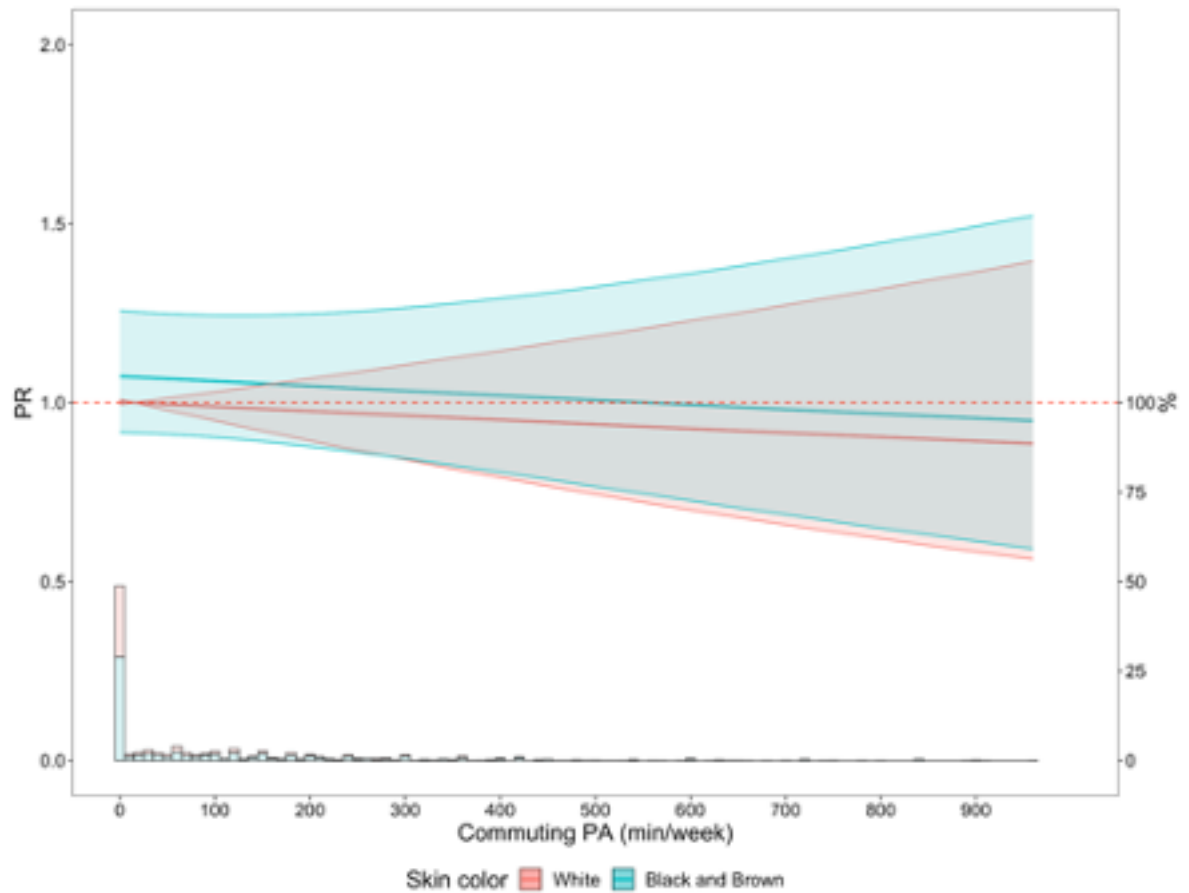
Supplementary Figure 4. The probability of diabetes-related complications by race/ethnicity among people with diabetes. Brazilian National Health Survey, 2019. (n=2,529)



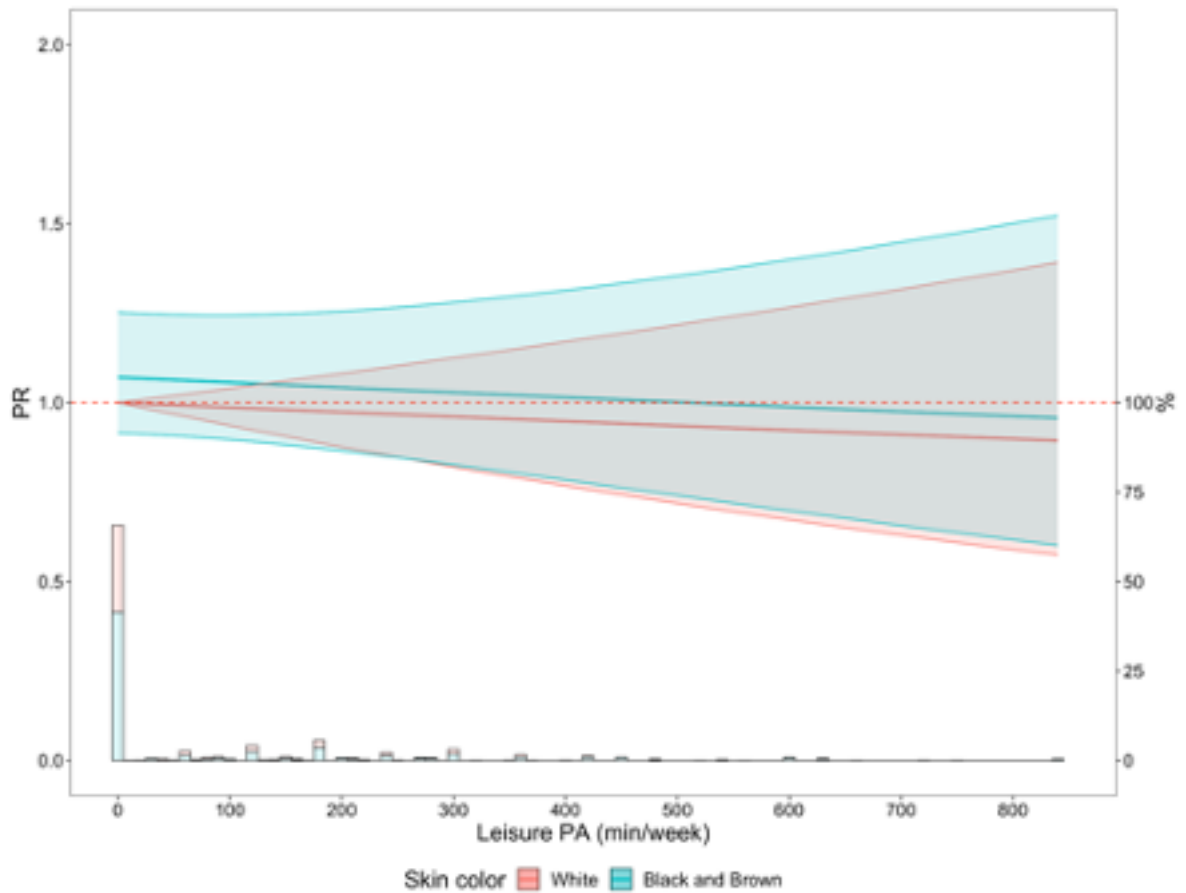
Supplementary Figure 5. Association of domestic physical activity with diabetes-related complications, estimated through Poisson regression with robust variance using restricted cubic splines and adjusting for age, sex, income, and alcohol consumption. Solid lines are point estimates of change along the spectrum of domestic physical activity, and the stippled area indicates the 95% confidence zone. The accompanying histograms show the distribution of domestic physical activity (percentage of the study sample; right vertical axis).



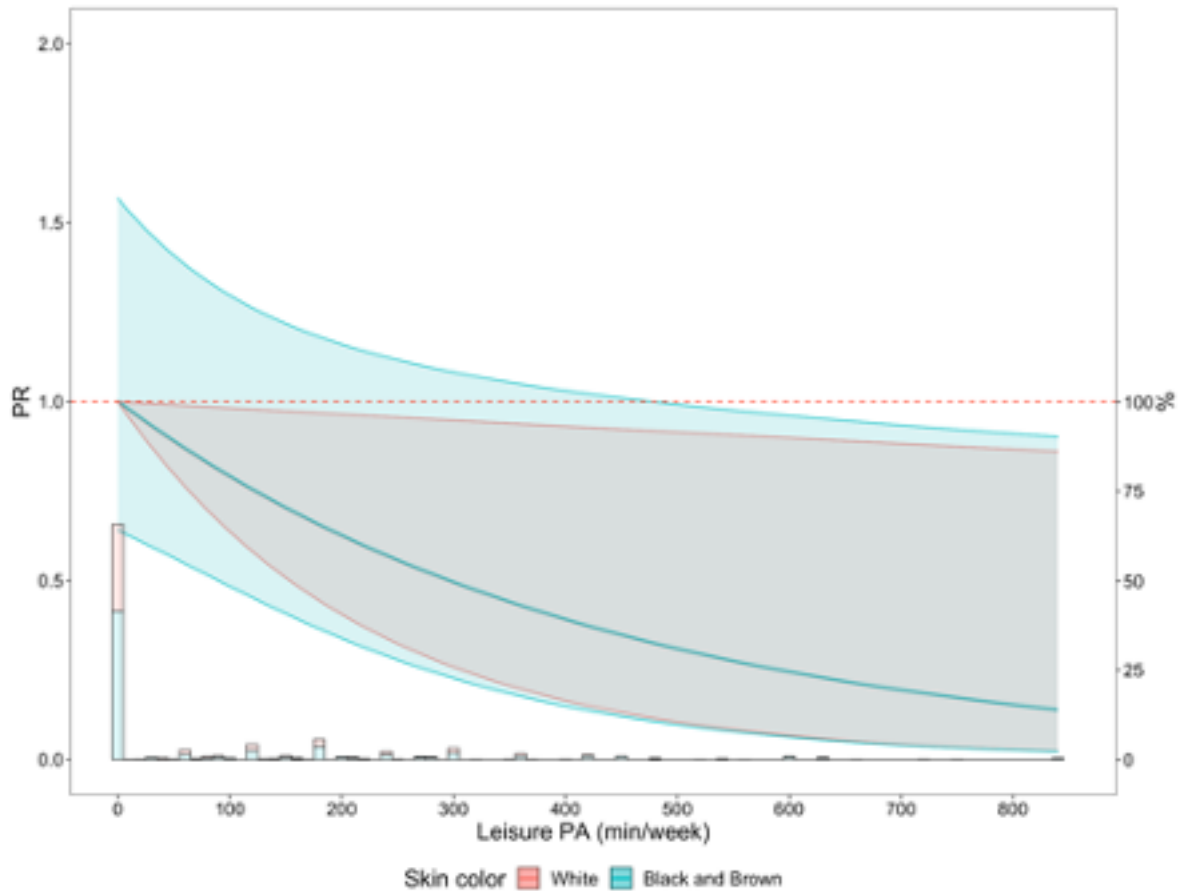
Supplementary Figure 6. Association of occupational physical activity with diabetes-related complications, estimated through Poisson regression with robust variance using restricted cubic splines and adjusting for age, sex, income, and alcohol consumption. Solid lines are point estimates of change along the spectrum of occupational physical activity, and the stippled area indicates the 95% confidence zone. The accompanying histograms show the distribution of occupational physical activity (percentage of study sample; right vertical axis).



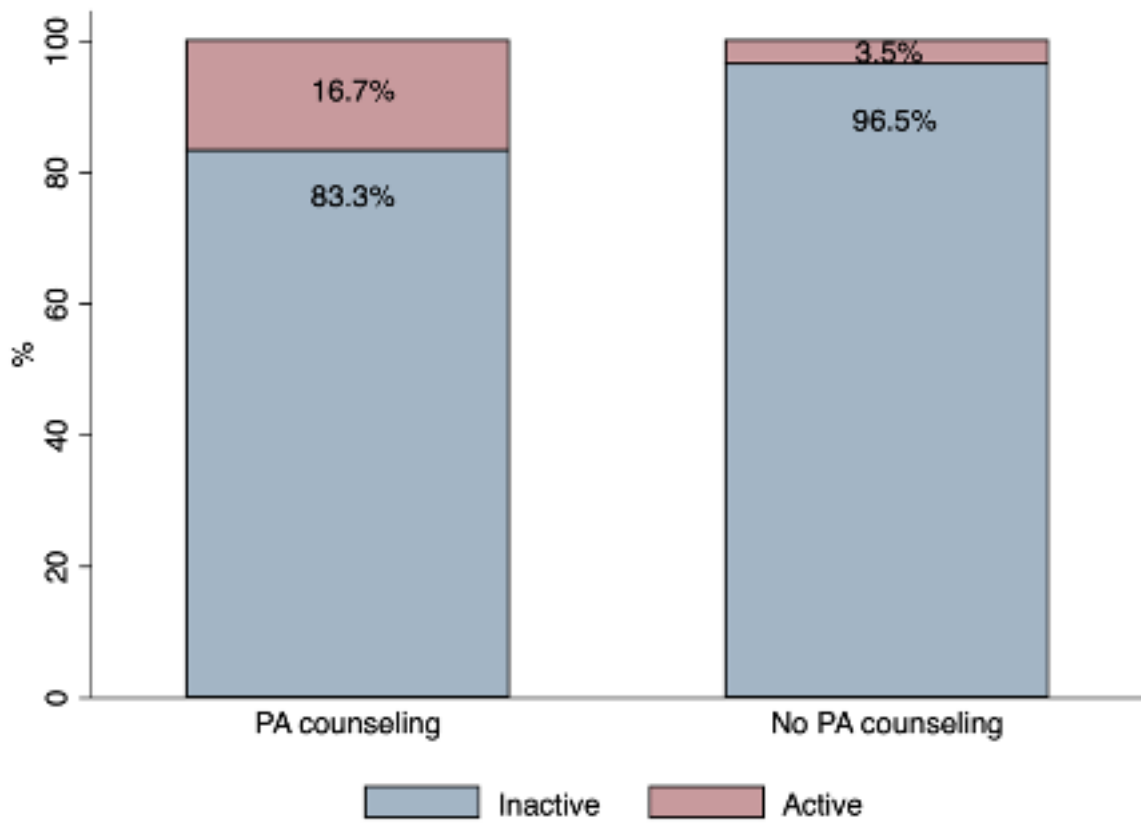
Supplementary Figure 7. Association of commuting physical activity with diabetes-related complications, estimated through Poisson regression with robust variance using restricted cubic splines and adjusting for age, sex, income, and alcohol consumption. Solid lines are point estimates of change along the spectrum of commuting physical activity, and the stippled area indicates the 95% confidence zone. The accompanying histograms show the distribution of commuting physical activity (percentage of the study sample; right vertical axis).



Supplementary Figure 8. Association of leisure physical activity with diabetes-related complications, estimated through Poisson regression with robust variance using restricted cubic splines and adjusting for age, sex, income, and alcohol consumption. Solid lines are point estimates of change along the spectrum of leisure physical activity, and the stippled area indicates the 95% confidence zone. The accompanying histograms show the distribution of leisure physical activity (percentage of the study sample; right vertical axis).



Supplementary Figure 9. Association of leisure physical activity with diabetes-related ulcers, estimated through Poisson regression with robust variance using restricted cubic splines and adjusting for age, sex, income, and alcohol consumption. Solid lines are point estimates of change along the spectrum of leisure physical activity, and the stippled area indicates the 95% confidence zone. The accompanying histograms show the distribution of leisure physical activity (percentage of the study sample; right vertical axis).



Supplementary Figure 10. Prevalence of physical activity practice by physical activity counseling in Brazilian adults with diabetes. Brazilian National Health Survey, 2019. (n=2,529).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Aqui destacamos os principais resultados com base nos estudos manuscritos produzidos nesta tese. Em relação ao problema de pesquisa sobre distribuição da inatividade física entre pessoas de diferentes características de raça-cor, o artigo 1 revelou disparidades raciais na prática de atividades físicas em pessoas vivendo com diabetes no contexto brasileiro. Indivíduos que se autodeclararam com cor da pele preta praticaram mais AF nos domínios ocupacional e de deslocamento quando comparados aos seus pares com cor da pele branca ou parda. Em consonância, as pessoas vivendo com diabetes que declararam sua cor da pele branca apresentaram maior prática de atividades físicas no domínio do lazer. Por fim, pessoas com diabetes que alcançaram as recomendações de AF no lazer (≥ 150 minutos/semana de AF moderada ou 75 minutos/semana de AF vigorosa) apresentaram menor probabilidade de qualquer complicação associada ao diabetes, comprometimento visual e circulatório, doença renal e úlceras nos pés quando comparados a pessoas fisicamente inativas com diabetes.

No segundo estudo, onde exploramos as complicações relacionadas com o diabetes e inatividade física, observamos que, globalmente, cerca de 10% das complicações micro e macrovasculares do diabetes, incluindo eventos cardio e cerebrovasculares, poderiam ser prevenidos eliminando a inatividade física. A análise mostrou que países de baixa e média renda têm proporções atribuíveis de complicações como acidente vascular cerebral e retinopatia maiores do que em países de alta renda. Especificamente, as regiões da América Latina, Mediterrâneo, América do Norte, Caribe, Europa e Pacífico apresentaram altos valores de fração atribuível populacional (PAF) para acidente vascular cerebral, evidenciando uma carga significativa de complicações do diabetes associadas à inatividade física nessas áreas.

De forma geral, nossos resultados destacam reflexões necessárias sobre a prática de atividade física, ressaltando inicialmente as disparidades raciais na aderência à prática de atividade física entre pessoas vivendo com diabetes no Brasil. Os resultados reforçam a necessidade urgente de promoção de atividades físicas voltadas às necessidades da população preta e parda com diabetes. Além disso, destacamos o impacto da inatividade física nas complicações micro e macrovasculares do diabetes. Essas complicações representam elevada carga individual e coletiva que variam de acordo com as diferentes regiões no mundo e entre mulheres e pessoas e com baixa escolaridade.