

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CURSO DE LICENCIATURA EM MATEMÁTICA

ALBERSON DA SILVA MIRANDA

RELAÇÕES ESCOLARIDADE-RENDAS EM UMA
SOCIEDADE PANÓPTICA

VITÓRIA

2024

ALBERSON DA SILVA MIRANDA

RELAÇÕES ESCOLARIDADE-RENDAS EM UMA
SOCIEDADE PANÓPTICA

Monografia apresentada à Coordenadoria do
Curso de Licenciatura em Matemática do Insti-
tuto Federal do Espírito Santo, Campus Vitória,
como requisito parcial para a obtenção do título
de Licenciado em Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Cláudio Broetto

Coorientador: Prof. Me. Diogo Oliveira

VITÓRIA

2024

ALBERSON DA SILVA MIRANDA

RELAÇÕES ESCOLARIDADE-REND A EM UMA SOCIEDADE PANÓPTICA/ ALBERSON DA SILVA MIRANDA. – VITÓRIA, 2024-
21p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Cláudio Broetto

Monografia (Graduação) – INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CURSO DE LICENCIATURA EM MATEMÁTICA , 2024.

1. xxx. 2. xxx. 3. xxx. 4. xxx. I. Broetto, Geraldo Cláudio. II. Instituto Federal do Espírito Santo. III. Coordenadoria de Licenciatura em Matemática. IV. Título

ALBERSON DA SILVA MIRANDA

RELAÇÕES ESCOLARIDADE-RENDAS EM UMA SOCIEDADE PANÓPTICA

Monografia apresentada à Coordenadoria do
Curso de Licenciatura em Matemática do Insti-
tuto Federal do Espírito Santo, Campus Vitória,
como requisito parcial para a obtenção do título
de Licenciado em Matemática. Aprovada em

XX de XX de 2024.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Geraldo Cláudio Broetto
Instituto Federal do Espírito Santo
Orientador

Prof. Me. Diogo Oliveira
Instituto Federal do Espírito Santo
Coorientador

Prof.
Instituto Federal do Espírito Santo

Prof.
Instituto Federal do Espírito Santo

RESUMO

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Palavras-chave: xxx. xxx. xxx. xxx.

ABSTRACT

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Keywords: xxx. xxx. xxx. xxx.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Entradas por ano	13
Figura 2 – Comparativo 2006-2022 por sexo	14
Figura 3 – Comparativo 2006-2022 por sexo/raça/cor	14
Figura 4 – Entradas por sexo/escolaridade	15
Figura 5 – Entradas por sexo/escolaridade/raça/cor	16
Figura 6 – Resíduos da regressão linear	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Possíveis valores para as variáveis selecionadas da Rais	12
Tabela 2 – Entradas por ano	13
Tabela 3 – Comparativo 2006-2022 por sexo/raça/cor	14
Tabela 4 – Comparativo 2006-2022 por sexo/escolaridade	15
Tabela 5 – Comparativo 2006-2022 por sexo/raca/escolaridade	16
Tabela 6 – Comparativo 2006-2022 proporção de pretos e pardos por nível de escolaridade	17
Tabela 7 – Estimação	17

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	A ESCOLA COMO INSTITUIÇÃO PANÓPTICA	9
3	METODOLOGIA	11
3.1	ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS DADOS	13
3.2	MODELAGEM	16
4	RESULTADOS	17
	REFERÊNCIAS	18
	APÊNDICES	19
	APÊNDICE A – DERIVAÇÃO DOS ESTIMADORES DE MQO	20

1 INTRODUÇÃO

...

2 A ESCOLA COMO INSTITUIÇÃO PANÓPTICA

Em seu texto acerca dos Parâmetros Curriculares Nacionais — PCN, o professor Rômulo Lins abre da seguinte forma:

Provavelmente o maior problema da educação matemática dos brasileiros não esteja nas atuais deficiências apontadas diversas vezes, tais como, por exemplo, formação inadequada de professores e abordagens inadequadas sendo levadas para as salas de aula. Parece-me que o maior problema é a resistência do sistema em mudar. (LINS, 2020)

Para ele, a pesquisa relacionada às técnicas e abordagens em sala de aula, o que ele chamou de *micro*, não é suficiente para colocar o sistema educacional em rota de mudança. Paralelamente, deve ser realizado um trabalho estrutural na esfera *macro* — aqui, principalmente, o MEC — que possibilite uma mudança do educar *pela* matemática para o educar *para* a matemática. Essa diferença é ilustrada por Lins da seguinte forma:

A diferença fica bastante mais clara se pensamos no caso da Educação Física. Será que alguém concebe que o papel das aulas de Educação Física é preparar todas as crianças (todas, eu disse) para o esporte competitivo? Claro que não. Se assim fosse as aulas de Educação Física não representariam, na formação das crianças, a educação para a saúde, para o desenvolvimento motor, para a socialização e o respeito a regras, para a colaboração. E os que quiserem ser atletas e jogadores vão buscar esta formação específica em outros espaços (possivelmente dentro dos times competitivos de suas escolas ou em clubes). Podemos dizer que a Educação Física escolar se concentra em modos de ser, promovendo aquela educação POR MEIO de esportes e exercícios físicos, enquanto o Treinamento Esportivo se concentra em potencializar habilidades, fazendo isso por meio da aquisição de técnicas específicas. (LINS, 2020)

A mudança, então, deixa de ter como meio apenas a sala de aula; o problema norteador da educação matemática como disciplina deixa de ser apenas, por exemplo, se o aluno deve ou não estudar geometrias não euclidianas no ensino médio, ou seja, unicamente conteúdos, e se expande para questionar o próprio objetivo do ensino da matemática, ou melhor, *através* da matemática.

Quando o autor propõe uma educação “formativa e com o objetivo de permitir que todos que passem por ela participem de forma plena em suas sociedades”, podemos nos perguntar: o que é essa participação plena? Ou ainda, por que é tão difícil realizar mudanças estruturais na educação ou, como Lins diz, fazer com que o sistema se coloque em rota de mudança? Podemos analisar essas perguntas sob a ótica da Sociologia da Educação.

Em *Sistemas de Ensino e Sistemas de Pensamento*, Pierre Bourdieu coloca o sistema educacional como um dos instrumentos mais eficazes de integração moral e lógica da sociedade, que tem como produto o indivíduo “programado” — homogêneo em percepção, pensamento e ação:

Caso se admita que a cultura e, neste caso particular, a cultura erudita em sua qualidade de código comum é o que permite a todos os detentores deste código associar o mesmo sentido às mesmas obras e, de maneira recíproca, de exprimir a mesma intenção significante por intermédio das mesmas palavras, dos mesmos comportamentos e das mesmas obras, pode-se compreender por que **a Escola, incumbida de transmitir esta cultura, constitui o fator fundamental do consenso cultural** nos termos de uma participação de um senso comum entendido como condição da comunicação. (BOURDIEU, 2015)

Na conferência V de *A Verdade e as Formas Jurídicas*, Foucault coloca a escola como um exemplo de instituição panóptica (ou de sequestro). Esse tipo de instituição exerce poder sobre os indivíduos em uma sociedade de três formas características: *vigilância* individual e contínua; *controle* através de punição e recompensa e; formação e transformação dos indivíduos em função de certas normas, o que Foucault chamou de *correção*. Podemos associar esse consenso cultural que Bourdieu trata ao tríplice aspecto das instituições panópticas na definição de Foucault, especificamente a *correção*.

Na época atual, todas essas instituições — fábrica, escola, hospital psiquiátrico, hospital, prisão — têm por finalidade não excluir, mas, ao contrário, fixar os indivíduos. A fábrica não exclui os indivíduos; liga-os a um aparelho de produção. **A escola não exclui os indivíduos; mesmo fechando-os; ela os fixa a um aparelho de transmissão do saber.** O hospital psiquiátrico não exclui os indivíduos; liga-os a um aparelho de correção, a um aparelho de normalização dos indivíduos. O mesmo acontece com a casa de correção ou com a prisão. Mesmo se os efeitos dessas instituições são a exclusão do indivíduo, elas têm como finalidade primeira fixar os indivíduos em um aparelho de normalização dos homens. A fábrica, a escola, a prisão ou os hospitais **têm por objetivo ligar o indivíduo a um processo de produção, de formação ou de correção dos produtores. Trata-se de garantir a produção ou os produtores em função de uma determinada norma.** (FOUCAULT, 2013, p. 114)

A primeira função da instituição panóptica é a extração da totalidade do tempo do indivíduo. É preciso que todo o tempo da existência humana esteja disponível ao trabalho, suas exigências ou sua preparação — aí incluindo a educação, que os economistas chamam frequentemente de capital humano. Ao sequestrar o tempo do homem, ela transforma seu tempo de vida em tempo de trabalho. A segunda função é controlar seus corpos, fazendo com que o corpo do indivíduo se torne força de trabalho. Aqui o corpo humano deve ser formado, reformado, corrigido. Deve “adquirir aptidões, receber um certo número de qualidades, qualificar-se como um corpo capaz de trabalhar”.

A terceira função é a criação de um micro-poder político, econômico e judiciário. A instituição panóptica se outorga o direito de decidir, comandar, punir, recompensar e julgar. E a escola não passa despercebida:

O sistema escolar também é inteiramente baseado em uma espécie de poder judiciário. A todo poder se pune e recompensa, se avalia, se classifica, se diz quem é o melhor, quem é o pior. [...] Por que, para ensinar alguma coisa a alguém, se deve punir e recompensar? Esse sistema parece evidente, mas, se refletirmos, vemos que a evidência se dissolve. (FOUCAULT, 2013, p. 120)

Por fim, a quarta função é a extração do saber, tanto a partir da apropriação do conhecimento técnico e tecnológico produzido durante o labor, quanto da observação do comportamento dos indivíduos vigiados e controlados. Da mesma forma que as anteriores, essa função não é restrita às relações sociais do capitalismo moderno:

A pedagogia se formou a partir das próprias adaptações da criança às tarefas escolares, adaptações observadas e extraídas do seu comportamento para tornarem-se em seguida leis de funcionamento das instituições e forma de poder exercido sobre a criança. (FOUCAULT, 2013, p. 122)

Esse conjunto de características tem como objetivo principal a *transformação dos homens em força produtiva*. É através desse micro-poder entranhado nas relações sociais de uma sociedade panóptica que o indivíduo é fixado ao aparelho de produção, e a escola é um instrumento essencial para a formação desse micro-poder.

Tendemos, por conta da brevidade de nossas vidas, a limitar nossa ousadia em relação a essas estruturas. É fácil internalizar, inconscientemente, que essas instituições sempre existiram e sempre existirão da mesma forma que o são hoje. E talvez essa seja uma razão que contribua para que, como aponta Lins, a produção na educação matemática seja tão limitada à sala de aula — aliás, essa visão é incentivada aqui mesmo no IFES, onde somos direcionados a “trazer para a sala de aula” nossa pesquisa do TCC.

Enquanto a educação exercer esse papel na sociedade, a sua estrutura é inalterada na essência. Portanto, além de pensar no que Lins define como micro e macro, devemos avançar acerca da própria posição da educação na sociedade. Apenas no momento em que a escola não mais existir para normalizar o indivíduo é que ela perderá sua razão de ser numa sociedade panóptica capitalista e será livre para se tornar algo diferente — e de fato libertadora.

3 METODOLOGIA

Neste trabalho, de ordem quantitativa, utilizo os dados da Relação Anual de Informações Sociais (Rais) de 2006 a 2022 para estimar os efeitos da escolaridade sobre a renda dos trabalhadores do estado do Espírito Santo. Para tanto, utilizo o *datalake* tratado e disponibilizado

gratuitamente pelo projeto Base dos Dados (CAVALCANTE, 2022). O acesso, manipulação dos dados e a análise foram realizados com o *software* R (R CORE TEAM, 2024) e o repositório com todo o código realizado aqui está disponível publicamente e pode ser reproduzido em sua totalidade¹.

As variáveis de interesse extraídas da Rais foram:

1. renda média nominal naquele ano
2. ciclo de escolaridade
3. idade
4. raça/cor
5. sexo

Importante destacar que, embora a profissão e a indústria na qual o trabalhador esteja inserido sejam importantes para determinar sua renda, essas variáveis não devem ser incluídas no modelo exatamente porque um dos objetivos da escolaridade é permitir aos trabalhadores moverem-se para indústrias de melhor remuneração². Incluí-las significaria estimar os efeitos da escolaridade na mesma indústria/ocupação (eg., o quanto que um engenheiro com mestrado recebe em média a mais que um apenas graduado). Fosse o objetivo do trabalho prever com a maior precisão o possível a renda de um determinado indivíduo dadas suas características, essas variáveis deveriam ser inseridas. Entretanto, espera-se estimar isoladamente os efeitos da educação e das condições sociais escolhidas.

Após selecionadas, apliquei condições às variáveis para obter amostra completa, ou seja, sem valores faltantes, e coerente. Essas condições estão resumidas na tabela a seguir. Elas implicam na restrição às entradas com renda média positiva não nula; na exclusão de menores aprendizes; na exclusão de entradas sem quaisquer dos campos escolaridade, raça/cor ou sexo preenchidos.

Tabela 1 – Possíveis valores para as variáveis selecionadas da Rais

Variável	Valores
Sigla UF	ES
Renda Média Nominal	Númericos, não negativos
Ciclo de Escolaridade	Analfabeto, Ensino Fundamental (I/II, completo/incompleto), Ensino Médio (completo/incompleto), Ensino Superior (completo/incompleto), Mestrado ou Doutorado
Idade	> 18
Raça/Cor	Branco, Preto, Pardo, Indígena ou Amarelo
Sexo	Masculino ou Feminino

¹ <https://github.com/albersonmiranda/monografia>.

² “the whole point of getting an education is to help people move to better industries, not to move from assistant burger-flipper to chief burger-flipper” (COCHRANE, 2005).

Além das condições de interesse do pesquisador, é necessário atentar que a Rais trata do mercado de trabalho formal, o que exclui trabalhadores informais e profissionais autônomos. Portanto, o presente trabalho mira estimar as relações escolaridade-renda no mercado de trabalho formal do Espírito Santo, destacando o impacto de substratos marginalizados da sociedade na determinação da renda do trabalhador.

3.1 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS DADOS

Nesta seção,

A primeira camada de entendimento em uma pesquisa deste tipo é a exploratória. Após a aplicação das condições mencionadas, a base de dados conta com expressivos 13,666,294 de entradas, de 2006 a 2022, e cobre todos os 78 municípios do Espírito Santo.

Tabela 2 – Entradas por ano

2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
619.399	669.213	739.448	747.969	804.575	852.752	883.174	918.479	930.423	888.824	810.496	785.212	801.252	784.485	768.030	805.065	857.498

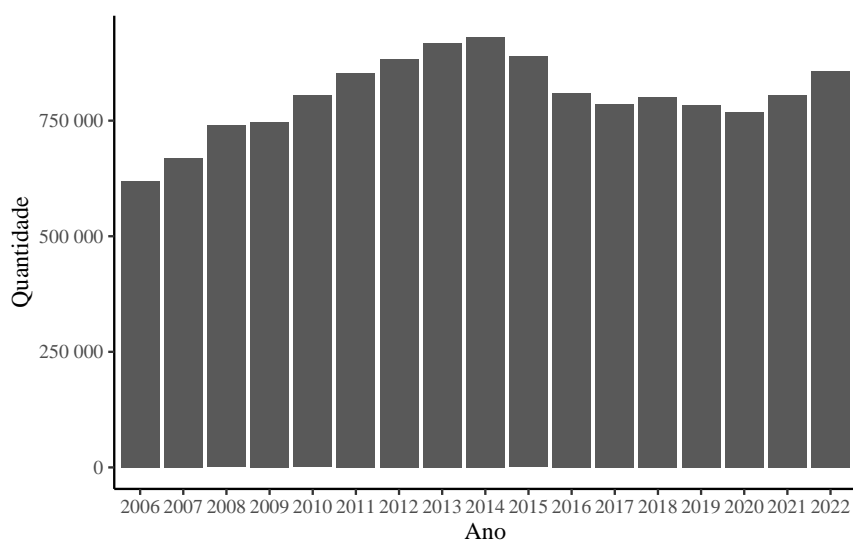


Figura 1 – Entradas por ano

Em termos de gênero no mercado de trabalho formal capixaba, as mulheres conquistaram espaço. Enquanto que em 2006 os homens ocupavam 116% a mais das vagas, em 2022 essa diferença caiu para 63%.

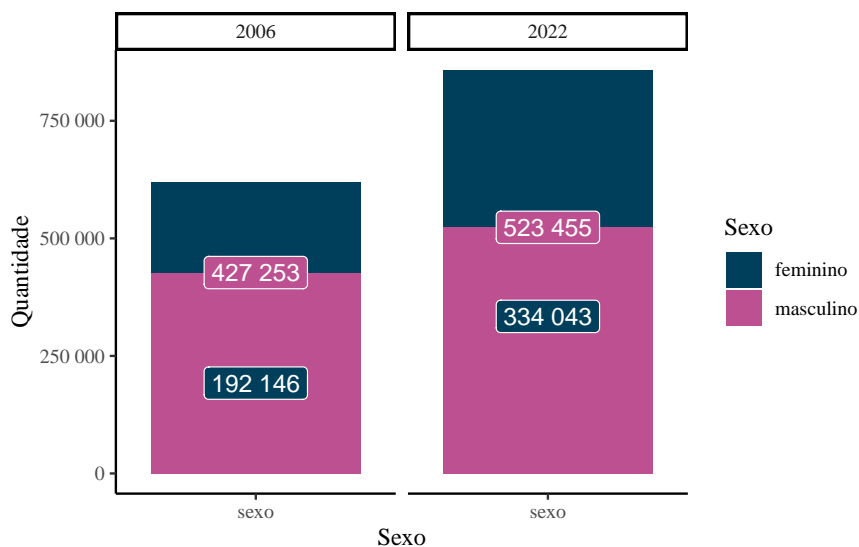


Figura 2 – Comparativo 2006-2022 por sexo

Adicionando a dimensão da raça/cor, vemos que a mulher preta é o substrato social mais empurrado à informalidade. Dos declarados pretos, apenas 32% são mulheres.

Tabela 3 – Comparativo 2006-2022 por sexo/raça/cor

ano	sexo	preta	amarela	branca	indigena	parda
2006	feminino	11.160	1.382	101.819	975	76.810
2022	feminino	25.420	2.179	126.264	813	179.367
2006	masculino	36.185	3.644	193.409	1.740	192.275
2022	masculino	49.897	3.272	170.226	1.073	298.987

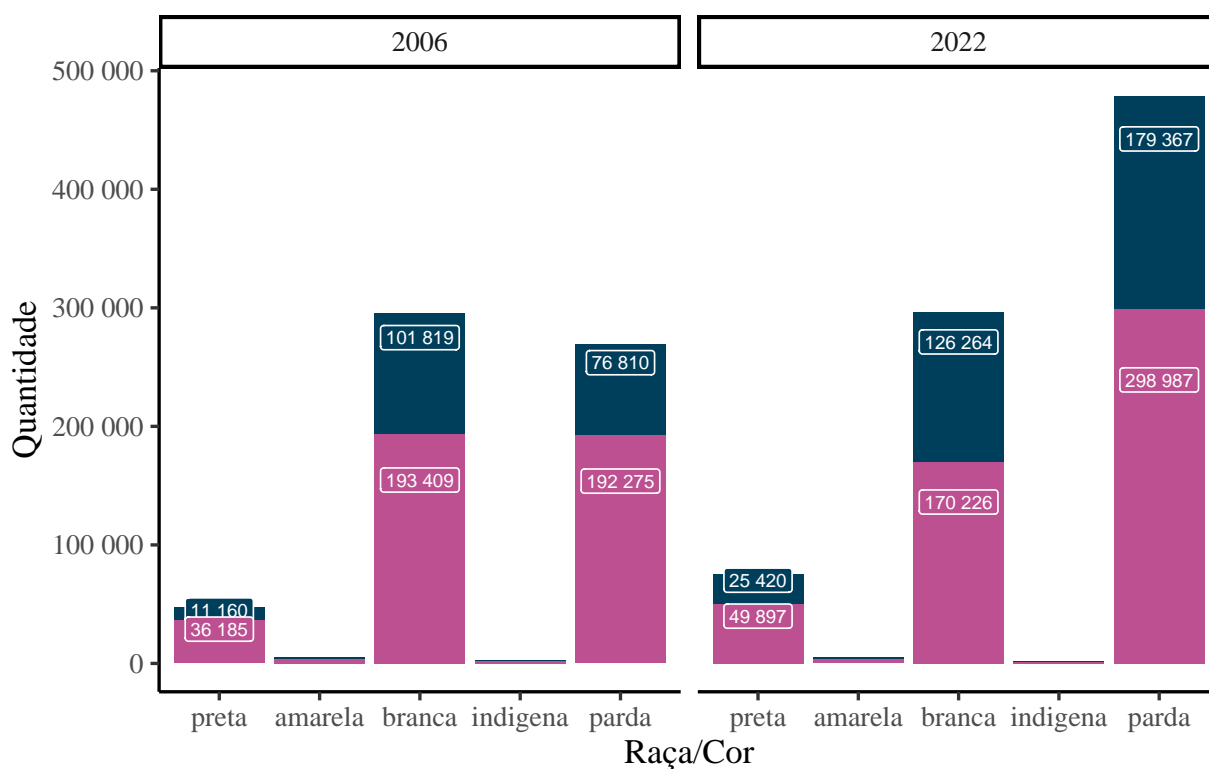


Figura 3 – Comparativo 2006-2022 por sexo/raça/cor

Em relação à escolaridade, seja por uma mudança do perfil da população ou por requerimentos do mercado de trabalho, o fato é que a maior parte das vagas eram ocupadas por trabalhadores com até o ensino fundamental. Agora, a maior parte das vagas são ocupadas por trabalhadores com ensino médio. Destaca-se também que a maior fatia das vagas ocupadas por trabalhadores de escolaridade até o ensino fundamental são preenchidas por homens, implicando que as trabalhadoras da mesma escolaridade estão na informalidade.

Tabela 4 – Comparativo 2006-2022 por sexo/escolaridade

ano	sexo	nenhum	doutorado	fund_I	fund_II	medio	mestrado	superior
2006	feminino	7.418	74	28.865	45.766	84.681	508	24.834
2022	feminino	4.883	474	15.882	38.873	199.477	1.799	72.655
2006	masculino	35.506	104	105.756	131.894	128.025	538	25.430
2022	masculino	19.553	586	50.386	90.992	307.248	1.745	52.945

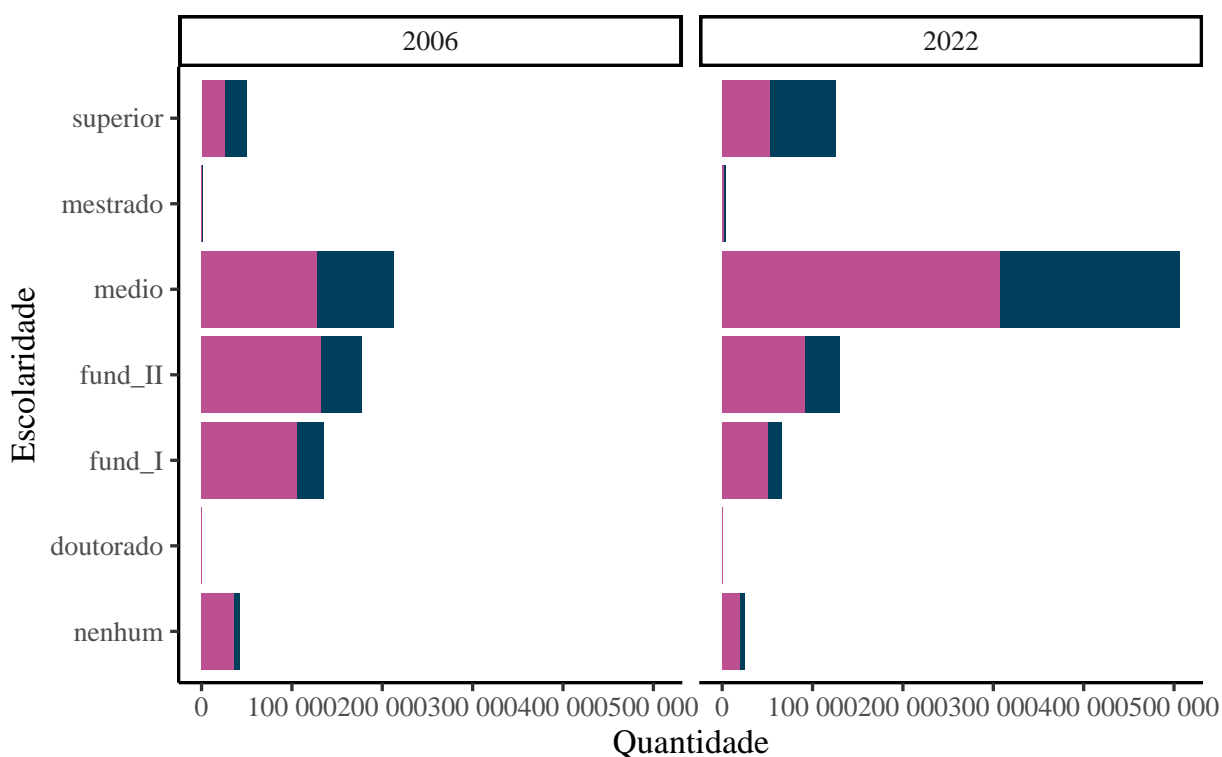
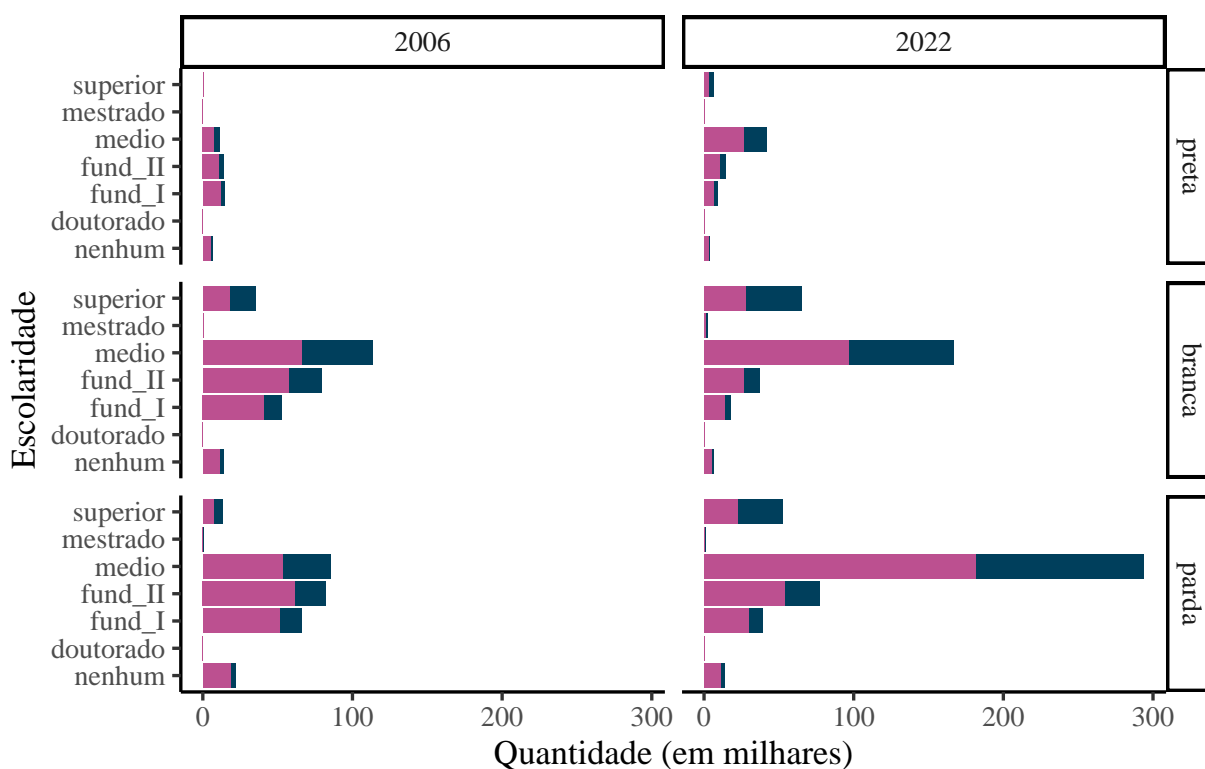


Figura 4 – Entradas por sexo/escolaridade

Adicionando a dimensão da raça/cor, percebemos que a ocupação de postos de trabalho de nível superior deixa de ser quase exclusividade de brancos. Entretanto, pardos e pretos ainda ocupam majoritariamente as vagas de trabalho de nível inferiores de escolaridade, além de, tanto proporcionalmente quanto absolutamente, ainda ocuparem menos vagas de ensino superior.

Tabela 5 – Comparativo 2006-2022 por sexo/raca/escolaridade

ano	sexo	raca_cor	nenhum	doutorado	fund_I	fund_II	medio	mestrado	superior
2006	feminino	preta	1.156	2	2.508	3.041	3.942	19	492
2022	feminino	preta	684	21	2.003	3.882	15.037	82	3.711
2006	masculino	preta	5.277	2	12.026	10.900	7.503	24	453
2022	masculino	preta	3.269	21	6.677	10.406	26.571	72	2.881
2006	feminino	branca	2.554	60	11.531	21.806	47.590	373	17.905
2022	feminino	branca	1.394	321	4.204	11.062	70.180	1.216	37.887
2006	masculino	branca	11.252	90	40.832	57.432	65.745	403	17.655
2022	masculino	branca	4.810	376	13.564	26.079	96.767	1.137	27.493
2006	feminino	parda	3.574	12	14.506	20.276	32.076	113	6.253
2022	feminino	parda	2.773	125	9.547	23.559	112.539	474	30.350
2006	masculino	parda	18.498	11	51.439	61.647	53.447	107	7.126
2022	masculino	parda	11.284	177	29.705	53.688	181.510	526	22.097

**Figura 5 – Entradas por sexo/escolaridade/raça/cor**

A tabela a seguir evidencia mais explicitamente um ponto alarmante: quanto menor o nível de escolaridade da vaga, maior é a proporção de pretos e pardos que a ocupa.

3.2 MODELAGEM

O modelo...

Devido à omissão da variável ocupação, há erro de especificação no modelo e espera-se autocorrelação heteroscedasticidade — o que de fato ocorre APONTAR PARA O APÊNDICE COM O MODELO HETEROSCEDÁSTICO. Por essa razão, utilizarei o método de mínimos quadrados generalizados - MQG.

Tabela 6 – Comparativo 2006-2022 proporção de pretos e pardos por nível de escolaridade

grau	ano	prop
nenhum	2006	0.6640807
fund_I	2006	0.5978191
fund_II	2006	0.5395925
medio	2006	0.4558781
superior	2006	0.2849753
mestrado	2006	0.2514340
doutorado	2006	0.1516854
nenhum	2022	0.7370273
fund_I	2022	0.7233054
fund_II	2022	0.7048473
medio	2022	0.6624047
superior	2022	0.4700557
mestrado	2022	0.3256208
doutorado	2022	0.3245283

4 RESULTADOS

Tabela 7 – Estimação

	<i>Dependent variable:</i>	
	log(remuneração)	
	2022 (1)	2006 (2)
graudoutorado	1.318*** (0.021)	1.752*** (0.043)
graufund_I	0.064*** (0.005)	0.134*** (0.003)
graufund_II	0.129*** (0.005)	0.230*** (0.003)
graumedio	0.301*** (0.005)	0.504*** (0.003)
graumestrado	1.213*** (0.012)	1.648*** (0.018)
grausuperior	1.001*** (0.005)	1.324*** (0.004)
sexomascullino	0.311*** (0.005)	0.368*** (0.006)
raca_coramarela	0.109*** (0.015)	0.047*** (0.016)
raca_corbranca	0.038*** (0.005)	0.053*** (0.006)
raca_corindigena	-0.023 (0.024)	0.086*** (0.019)
raca_corparda	0.001 (0.005)	0.010* (0.006)
idade	0.010*** (0.0001)	0.011*** (0.0001)
sexomascullino:raca_coramarela	-0.041** (0.020)	-0.022 (0.019)
sexomascullino:raca_corbranca	0.036*** (0.006)	0.011* (0.007)
sexomascullino:raca_corindigena	0.049 (0.032)	-0.073*** (0.023)
sexomascullino:raca_corparda	0.010* (0.006)	0.025*** (0.007)
Constant	6.724*** (0.007)	5.419*** (0.007)
Observations	857,498	619,399
R ²	0.181	0.286
Adjusted R ²	0.181	0.286
Residual Std. Error	0.685 (df = 857481)	0.566 (df = 619382)
F Statistic	11,866.010*** (df = 16; 857481)	15,523.380*** (df = 16; 619382)

Note:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

REFERÊNCIAS

- BOURDIEU, P. Sistemas de Ensino e Sistemas de Pensamento. In: A Economia das Trocas Simbólicas. 8. ed. São Paulo: Perspectiva, 2015. Citado na p. 10.
- CAVALCANTE, P. **basedosdados: 'Base Dos Dados' R Client**. [S.l.: s.n.], 2022. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=basedosdados>>. Citado na p. 12.
- COCHRANE, J. **Writing Tips for Ph. D. Students**. [S.l.: s.n.], 2005. Disponível em: <<https://www.johnhcochrane.com/research-all/writing-tips-for-phd-students>>. Citado na p. 12.
- FOUCAULT, M. **A Verdade E As Formas Jurídicas**. 4ª edição. Rio de Janeiro: NAU, 1 jan. 2013. ISBN 978-85-8128-016-5. Citado nas pp. 10, 11.
- LINS, R. C. Os PCN e a Educação Matemática no Brasil. In: O Modelo dos Campos Semânticos na Educação Básica. 1. ed. Curitiba, PR: Appris, 2020. Citado na p. 9.
- R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria, 2024. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Citado na p. 12.

Apêndices

APÊNDICE A – DERIVAÇÃO DOS ESTIMADORES DE MQO

Partindo de um modelo de regressão linear simples, $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + e_i$, em que e_i é o termo de erro estocástico, em uma amostra, a relação Y e X é dada por:

1. Função de regressão amostral

$$Y_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_i + \hat{e}_i \quad (\text{A.1})$$

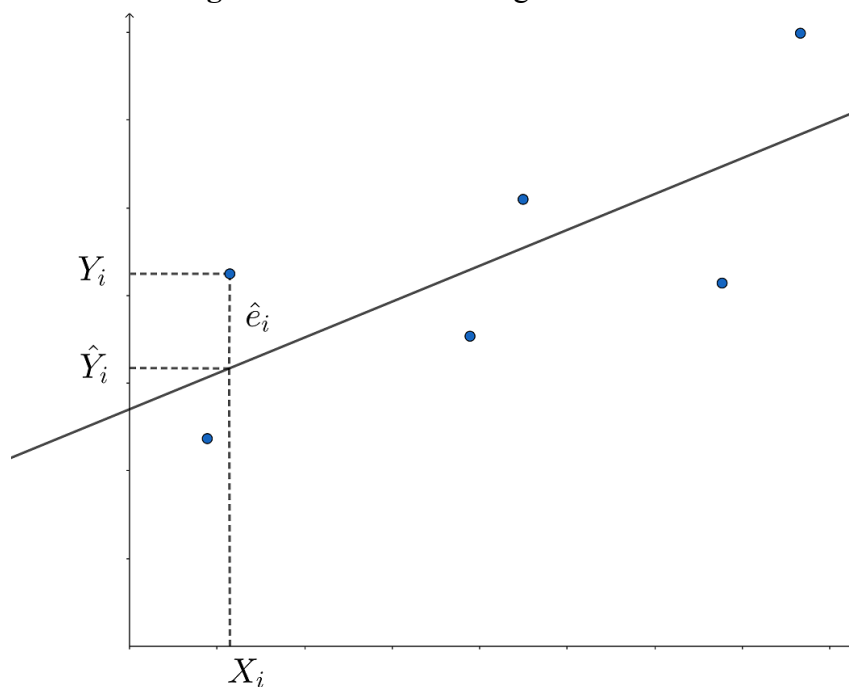
2. O valor Y_i previsto pelo ajuste

$$\hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_i \quad (\text{A.2})$$

3. O resíduo \hat{e}_i não previsto pelo ajuste

$$\hat{e}_i = Y_i - \hat{Y}_i \quad (\text{A.3})$$

Figura 6 – Resíduos da regressão linear



Fonte: Elaboração própria

O objetivo é, portanto, estimar os coeficientes linear e angular que representam a reta que minimiza os resíduos. Para essa função a ser minimizada, posso utilizar tanto o erro absoluto $|\hat{e}_i|$ quanto o erro quadrático \hat{e}_i^2 . Por simplicidade, opto pelo erro quadrático total.

$$\begin{aligned}
\text{EQT} &= \hat{e}_1^2 + \hat{e}_2^2 + \dots + \hat{e}_n^2 \\
&= (Y_1 - \hat{Y}_1)^2 + (Y_2 - \hat{Y}_2)^2 + \dots + (Y_n - \hat{Y}_n)^2 \\
&= \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \\
&= \sum_{i=1}^n [Y_i - (\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_i)]^2
\end{aligned} \tag{A.4}$$

De posse da função, posso minimizar os coeficientes β_i . Considerando um modelo de regressão simples, posso estimar β_0 e β_1 igualando as derivadas parciais à zero.

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \text{EQT}}{\partial \beta_0} &= 2 \sum_{i=1}^n [Y_i - (\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_i)](-1) = 0 \\
&= -2 \left(\sum_{i=1}^n Y_i - \sum_{i=1}^n \hat{\beta}_0 - \sum_{i=1}^n \hat{\beta}_1 X_i \right) = 0 \\
&= \sum_{i=1}^n Y_i - n\hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n X_i = 0 \\
n\hat{\beta}_0 &= \sum_{i=1}^n Y_i - \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n X_i \\
\hat{\beta}_0 &= \frac{\sum_{i=1}^n Y_i - \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n X_i}{n}
\end{aligned} \tag{A.5}$$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \text{EQT}}{\partial \beta_1} &= 2 \sum_{i=1}^n [Y_i - (\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_i)](-X_i) = 0 \\
&= -2X_i \left(\sum_{i=1}^n Y_i - \hat{\beta}_0 \sum_{i=1}^n 1 - \hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n X_i \right) = 0
\end{aligned} \tag{A.6}$$