

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS JURÍDICAS E ECONÔMICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

ALBERSON DA SILVA MIRANDA

RELAÇÕES ESCOLARIDADE-REND A EM UMA  
SOCIEDADE PANÓPTICA

VITÓRIA

2024

ALBERSON DA SILVA MIRANDA

RELAÇÕES ESCOLARIDADE-REND A EM UMA  
SOCIEDADE PANÓPTICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Economia.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme A. de A. Pereira

VITÓRIA

2024

ALBERSON DA SILVA MIRANDA

RELAÇÕES ESCOLARIDADE-REND A EM UMA SOCIEDADE PANÓPTICA/ ALBERSON DA SILVA MIRANDA. – VITÓRIA, 2024-

20p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme A. de A. Pereira

Monografia (Graduação) – UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS JURÍDICAS E ECONÔMICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA, 2024.

1. xxx. 2. xxx. 3. xxx. 4. xxx. I. Sobrenome, Nome Orientador. II. Instituto Federal do Espírito Santo. III. Departamento de . IV. Título

ALBERSON DA SILVA MIRANDA

RELAÇÕES ESCOLARIDADE-REND A EM UMA  
SOCIEDADE PANÓPTICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Economia.

Aprovada em XX de XX de 2024.

COMISSÃO EXAMINADORA

---

**Prof. Dr. Guilherme A. de A. Pereira**  
Instituto Federal do Espírito Santo  
Orientador

---

**Prof. Dr. 1**  
Universidade

---

**Prof. Dr. 2**  
Universidade

# 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 2006-2020 por sexo . . . . .	14
Figura 3 – Comparativo 2006-2020 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 . . . . .	19

# LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Possíveis valores para as variáveis selecionadas da Rais . . . . .	12
Tabela 2	– Entradas por ano . . . . .	13
Tabela 3	– Comparativo 2006-2020 por sexo/raça/cor . . . . .	14
Tabela 4	– Comparativo 2006-2020 por sexo/escolaridade . . . . .	15
Tabela 5	– Comparativo 2006-2020 por sexo/raca/escolaridade . . . . .	16
Tabela 6	– Comparativo 2006-2020 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
	APÊNDICES	18
	APÊNDICE A – DERIVAÇÃO DOS ESTIMADORES DE MQO . . .	19

# 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)

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)

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 significativa 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)

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)

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**)

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**)

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 2020 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 (**basedosdados**). O acesso, manipulação dos dados e a análise foram realizados com o *software* R (**r**) e o repositório com todo o código realizado aqui está disponível publicamente e pode ser reproduzido em sua totalidade<sup>1</sup>.

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 remuneração<sup>2</sup>. 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

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.

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

<sup>2</sup> "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).

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.

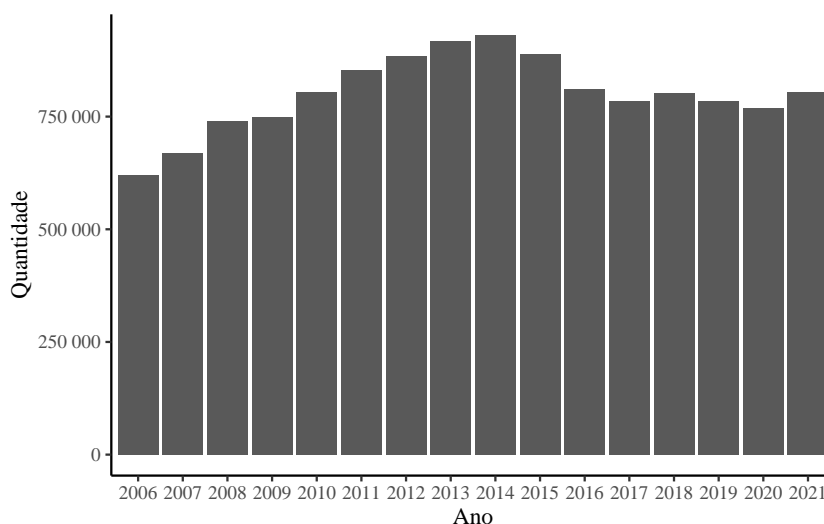
### 3.1 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS DADOS

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 12,808,796 de entradas, de 2006 a 2020, e cobre todos os 78 municípios do Espírito Santo.

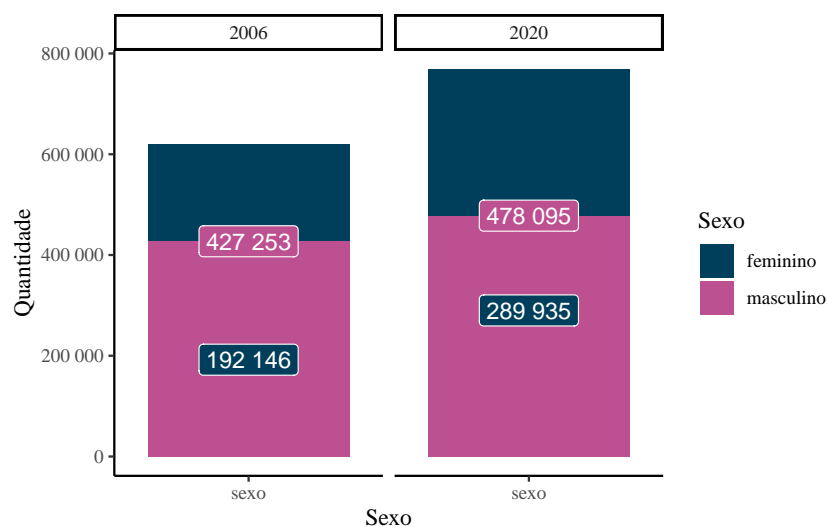
**Tabela 2 – Entradas por ano**

2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
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



**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 2020 essa diferença caiu para 63%.

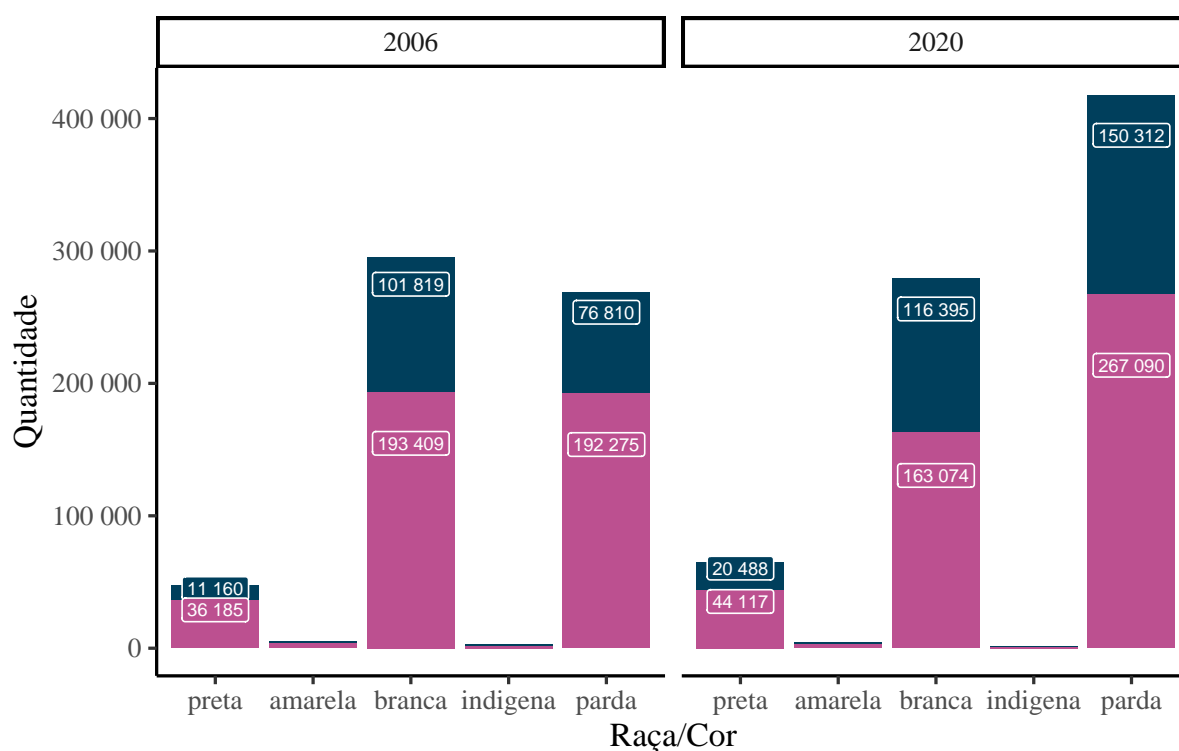


**Figura 2 – Comparativo 2006-2020 por sexo**

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 2006-2020 por sexo/raça/cor**

ano	sexo	preta	amarela	branca	indígena	parda
2006	feminino	11.160	1.382	101.819	975	76.810
2020	feminino	20.488	2.014	116.395	726	150.312
2006	masculino	36.185	3.644	193.409	1.740	192.275
2020	masculino	44.117	2.888	163.074	926	267.090

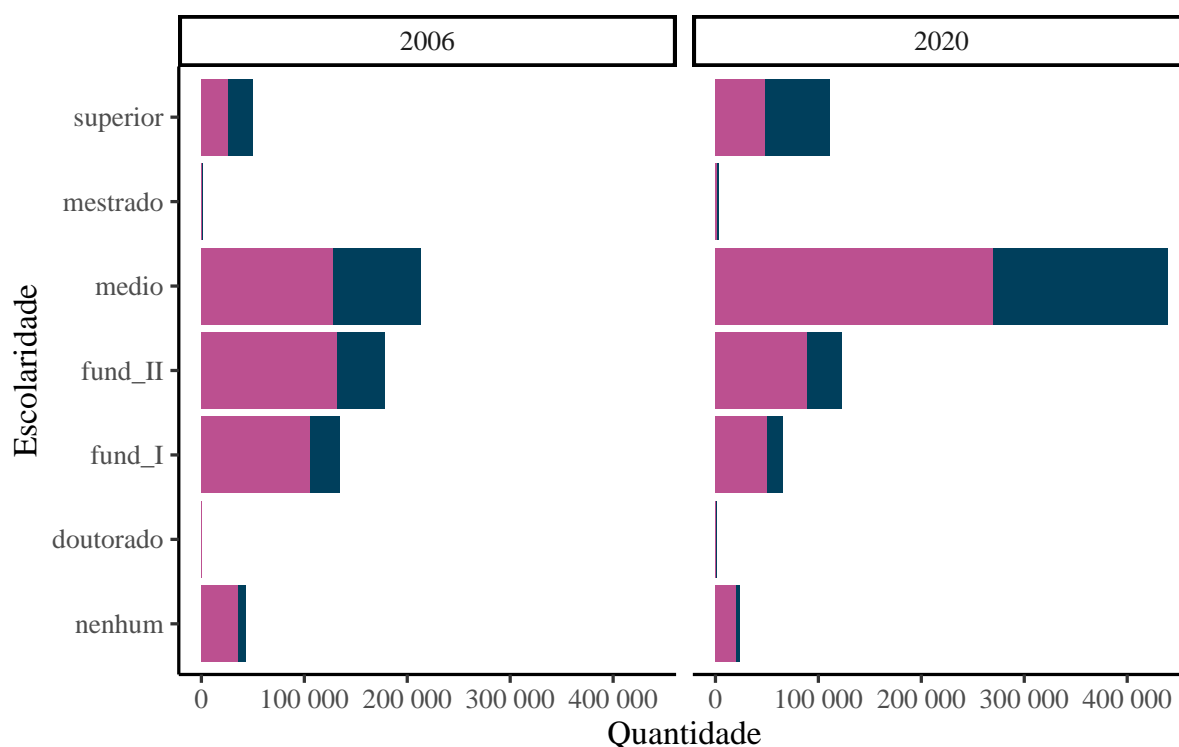


**Figura 3 – Comparativo 2006-2020 por sexo/raça/cor**

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 2006-2020 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
2020	feminino	4.585	779	15.075	34.637	169.402	1.675	63.782
2006	masculino	35.506	104	105.756	131.894	128.025	538	25.430
2020	masculino	19.474	503	50.384	88.469	269.824	1.714	47.727



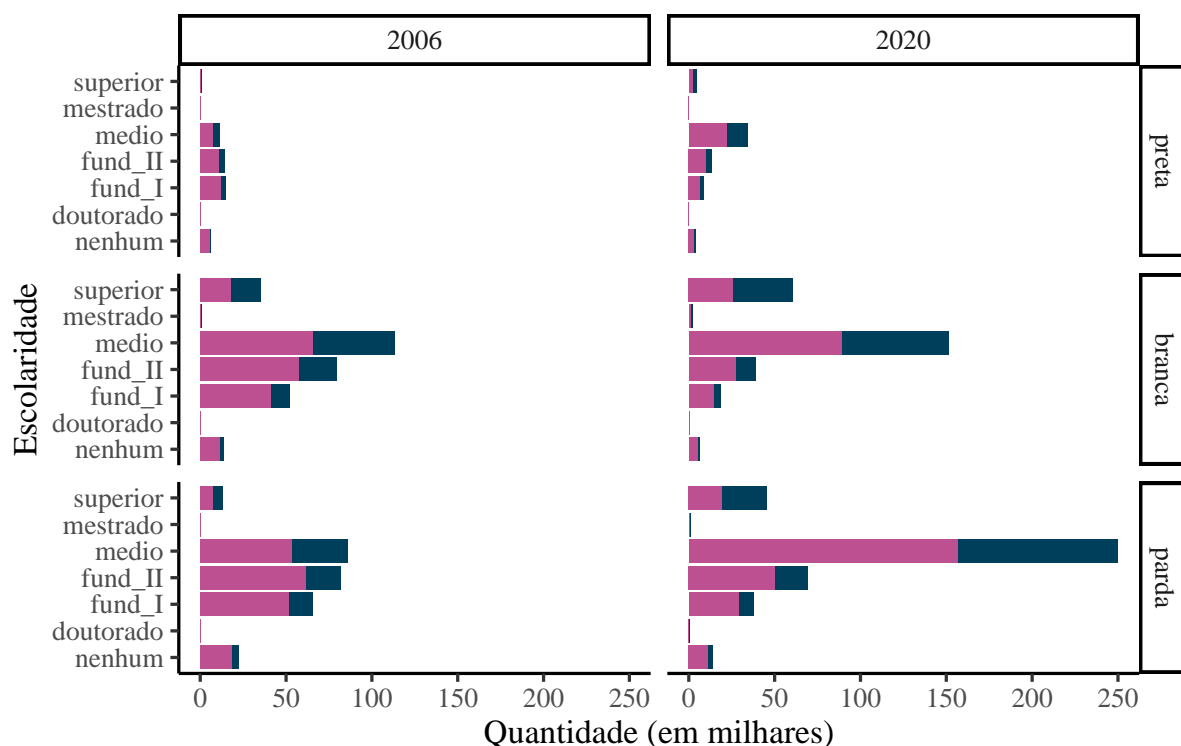
**Figura 4 – Entradas por sexo/escolaridade**

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 2006-2020 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
2020	feminino	preta	642	59	1.840	3.307	11.908	61	2.671
2006	masculino	preta	5.277	2	12.026	10.900	7.503	24	453
2020	masculino	preta	3.121	10	6.638	9.977	22.120	46	2.205
2006	feminino	branca	2.554	60	11.531	21.806	47.590	373	17.905
2020	feminino	branca	1.419	483	4.327	11.755	62.626	1.163	34.622
2006	masculino	branca	11.252	90	40.832	57.432	65.745	403	17.655
2020	masculino	branca	5.059	355	14.345	27.351	89.073	1.154	25.737
2006	feminino	parda	3.574	12	14.506	20.276	32.076	113	6.253
2020	feminino	parda	2.481	229	8.770	19.165	93.270	428	25.969
2006	masculino	parda	18.498	11	51.439	61.647	53.447	107	7.126
2020	masculino	parda	11.116	131	28.978	50.306	156.613	497	19.449

**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

**Tabela 6** – Comparativo 2006-2020 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	2020	0.7215595
fund_I	2020	0.7061825
fund_II	2020	0.6722256
medio	2020	0.6463893
superior	2020	0.4510309
mestrado	2020	0.3045146
doutorado	2020	0.3346334

COM O MODELO HETEROSCEDÁSTICO. Por essa razão, utilizarei o método de mínimos quadrados generalizados - MQG.

## 4 RESULTADOS

**Tabela 7** – Estimação

	<i>Dependent variable:</i>	
	log(remuneração)	
	2021	2006
	(1)	(2)
graudoutorado	1.162*** (0.015)	1.752*** (0.043)
graufund_I	0.113*** (0.004)	0.134*** (0.003)
graufund_II	0.169*** (0.004)	0.230*** (0.003)
graumedio	0.343*** (0.004)	0.504*** (0.003)
graumestrado	1.229*** (0.010)	1.648*** (0.018)
grausuperior	0.976*** (0.004)	1.324*** (0.004)
sexomascullino	0.258*** (0.004)	0.368*** (0.006)
raca_coramarela	0.061*** (0.012)	0.047*** (0.016)
raca_corbranca	0.046*** (0.004)	0.053*** (0.006)
raca_corindigena	0.005 (0.022)	0.086*** (0.019)
raca_corparda	0.010** (0.004)	0.010* (0.006)
idade	0.010*** (0.0001)	0.011*** (0.0001)
sexomascullino:raca_coramarela	0.013 (0.016)	-0.022 (0.019)
sexomascullino:raca_corbranca	0.051*** (0.005)	0.011* (0.007)
sexomascullino:raca_corindigena	0.043 (0.028)	-0.073*** (0.023)
sexomascullino:raca_corparda	0.009** (0.005)	0.025*** (0.007)
Constant	6.580*** (0.006)	5.419*** (0.007)
Observations	805,065	619,399
R <sup>2</sup>	0.234	0.286
Adjusted R <sup>2</sup>	0.234	0.286
Residual Std. Error	0.536 (df = 805048)	0.566 (df = 619382)
F Statistic	15,400.110*** (df = 16; 805048)	15,523.380*** (df = 16; 619382)

Note:

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

# 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

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

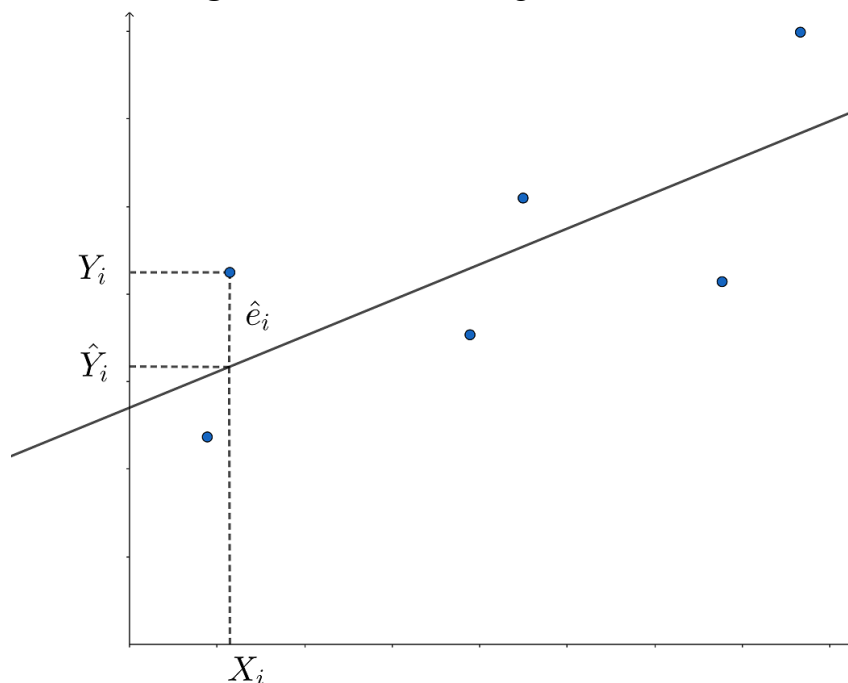
2. O valor  $Y_i$  previsto pelo ajuste

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

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  $\beta_i$ . Considerando um modelo de regressão simples, posso estimar  $\beta_0$  e  $\beta_1$  igualando as derivadas parciais à zero.

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

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