

Quanto Crédito é Suficiente? Evidências Não Lineares do FNE sobre Emprego e Renda

How Much Credit is Enough? Nonlinear Effects of FNE on Employment and Income

José Maria da Cunha Junior¹

Celina Oliveira²

Airton Saboya Valente Junior³

Mateus Freitas de Vasconcelos⁴

Resumo

Este estudo avalia os efeitos do crédito do FNE a partir de uma abordagem de tratamento contínuo, utilizando a Função Dose-Resposta (DRF) com correção de seleção amostral. Diferentemente de modelos binários, a metodologia permite captar como diferentes níveis de financiamento impactam os resultados das firmas. Os achados indicam relações não lineares entre a intensidade do crédito e variáveis como massa salarial, salário médio e emprego. Em geral, observa-se que baixos níveis de financiamento geram efeitos limitados, enquanto doses intermediárias marcam um ponto de inflexão, a partir do qual os impactos tornam-se positivos. Em níveis mais elevados, os efeitos se intensificam, embora acompanhados por sinais de retornos marginais decrescentes. Esses resultados sugerem que a efetividade do crédito depende da magnitude dos recursos acessados, reforçando a importância de considerar a intensidade do tratamento na avaliação de políticas públicas.

Palavras-chave

Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste; Função Dose-Resposta; Intensidade do crédito

¹ Doutor em Economia (CAEN/UFC) e Professor de Economia e Matemática no Departamento de Gestão Pública na Universidade Federal de Pernambuco (CAS/UFPE) e Pesquisador Visitante no ETENE (BNB/IEL/CNPq).

² Doutora em Economia (PPGE/UFPB), Professora no Departamento de Teoria Econômica da Universidade Federal do Ceará (FEAAC/UFC) e Pesquisadora Visitante no ETENE (BNB/IEL/CNPq).

³ Doutor em Desenvolvimento Territorial e Local (Universidade de Valencia) e Gerente da Célula de Avaliação de Políticas e Programas do Banco do Nordeste (ETENE/BNB).

⁴ Mestrando em Economia no centro de Pós Graduação da Universidade Federal do Ceará (CAEN/UFC) e Pesquisador Visitante no ETENE (BNB/IEL/CNPq).

Abstract

This study evaluates the effects of FNE credit using a continuous treatment framework, employing a Dose–Response Function (DRF) with sample selection correction. Unlike binary models, this approach allows us to capture how different levels of financing affect firm outcomes. The results reveal nonlinear relationships between credit intensity and key variables such as total payroll, average wages, and employment. In general, low levels of financing produce limited effects, while intermediate doses mark a turning point beyond which impacts become positive. At higher levels, the effects intensify, although accompanied by signs of diminishing marginal returns. These findings suggest that the effectiveness of credit depends on the scale of resources accessed, highlighting the importance of accounting for treatment intensity when evaluating public policies.

Keywords

Northeast Constitutional Financing Fund; Dose–response function; Credit intensity.

Códigos JEL: G21; G28; G32

Área Temática: Finanças Corporativas e Bancárias

1. Introdução

Na literatura de avaliação de políticas públicas, especialmente no campo dos programas de crédito, é bastante comum o uso de modelos econométricos que tratam a intervenção de forma binária, distinguindo apenas entre beneficiários e não beneficiários. Essa abordagem, embora amplamente difundida pela sua simplicidade e facilidade de interpretação, impõe uma limitação importante: ela desconsidera que, na prática, os indivíduos ou firmas nem sempre são expostos ao tratamento de maneira uniforme. No caso de políticas creditícias, por exemplo, os beneficiários costumam receber valores distintos, o que pode gerar impactos diferenciados sobre variáveis como renda, produtividade, investimento e emprego.

É justamente nesse ponto que a abordagem de Dose-Resposta se torna relevante. Ao invés de reduzir o tratamento a uma variável dicotômica, essa metodologia incorpora explicitamente a intensidade da intervenção, permitindo analisar como diferentes níveis de exposição influenciam os resultados. A ideia tem origem em estudos da área da saúde, nos quais se busca entender como variações na dosagem de um medicamento afetam o organismo, e foi posteriormente adaptada à econometria para lidar com tratamentos contínuos, como é o caso de políticas de crédito.

Nesse contexto, a Função Dose-Resposta (Dose-Response Function – DRF) assume papel central, ao possibilitar a estimação do efeito causal de um tratamento contínuo sobre uma variável de interesse. Diferentemente das abordagens tradicionais, que comparam grupos tratados e não tratados, a DRF permite observar como o resultado evolui ao longo de diferentes níveis de tratamento. Em termos práticos, isso significa investigar como a variável de interesse responde a aumentos graduais no volume de crédito recebido, captando possíveis não linearidades nesse processo.

A formulação clássica da DRF está associada ao trabalho de Hirano e Imbens (2004), que introduziram o conceito de Generalized Propensity Score (GPS). Nessa abordagem, assume-se que todas as unidades possuem um nível observável de tratamento — ainda que esse nível seja zero — e que a atribuição desse tratamento depende apenas de características observáveis. Embora essa hipótese seja elegante do ponto de vista teórico, sua aplicação em contextos reais, especialmente em políticas de crédito, pode ser problemática. Isso ocorre porque, na prática, o tratamento não é observado para toda a população, mas apenas para aqueles que de fato acessam o programa, o que está condicionado a critérios institucionais, elegibilidade e decisões específicas de concessão.

Com o intuito de lidar com essa limitação, Cerulli (2015) propõe uma extensão da metodologia de Dose-Resposta que incorpora um mecanismo explícito de seleção amostral, inspirado no modelo de Heckman. Essa adaptação é particularmente adequada para situações em que a participação no programa não ocorre de forma aleatória e apenas os indivíduos selecionados apresentam valores observáveis da variável de tratamento. Nesses casos, a aplicação direta do GPS pode levar a

estimativas enviesadas, justamente por ignorar o processo de seleção que determina quem participa e qual nível de tratamento é recebido.

O principal avanço da abordagem proposta por Cerulli está, portanto, na correção desse viés de seleção. Enquanto o método de Hirano e Imbens é mais apropriado para contextos em que o tratamento contínuo é observado para toda a amostra, a estratégia baseada no modelo de Heckman permite lidar com cenários mais realistas, nos quais o acesso ao programa é restrito e desigual. Isso amplia significativamente o alcance da análise dose-resposta, tornando-a mais compatível com a complexidade das políticas públicas, especialmente aquelas voltadas ao crédito.

Do ponto de vista empírico, essa abordagem permite uma leitura rica dos efeitos da política, não apenas identificando se há impacto, mas também como esse impacto se comporta ao longo da distribuição do tratamento. Além disso, a correção do viés de seleção contribui para maior robustez dos resultados e possibilita a identificação de padrões não lineares, como retornos marginais decrescentes ou diferentes intensidades de efeito entre grupos de beneficiários.

Em síntese, a incorporação do modelo de seleção à análise de Dose-Resposta representa um avanço importante na avaliação de políticas públicas. Ao combinar a variação contínua do tratamento com a correção de problemas de seleção, essa abordagem oferece um retrato mais fiel da realidade, permitindo inferências mais consistentes e informativas. No caso específico deste estudo, a aplicação da DRF possibilita avaliar como diferentes níveis de crédito do FNE impactam os resultados das firmas, identificando faixas em que o programa é mais efetivo, possíveis pontos de saturação e níveis de financiamento associados a maiores retornos. Esses elementos são fundamentais para o aprimoramento do desenho da política, ao fornecer evidências mais detalhadas sobre a relação entre o volume de crédito concedido e seus efeitos econômicos.

2. Revisão de Literatura

A Função Dose-Resposta (Dose-Response Function – DRF) é uma ferramenta econométrica utilizada para estimar o efeito causal de um tratamento contínuo sobre uma variável de resultado. Em vez de comparar “tratados” e “não tratados”, a DRF

permite investigar como diferentes níveis de exposição ao tratamento afetam o desfecho de interesse. Formalmente, a DRF mostra a relação entre a intensidade do tratamento (dose) e o resultado esperado (resposta). Logo, ela estima como o resultado médio varia à medida que o valor do crédito recebido aumenta.

Diante disso, a literatura empírica sobre políticas de crédito regional no Brasil tem avançado no sentido de avaliar não apenas os efeitos médios dos programas, mas também suas heterogeneidades e impactos distributivos. No âmbito do Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste (FCO), Oliveira et al (2018), fazem uso do método de Propensity Score Matching (PSM) e o Propensity Score Generalizado (PSG), sendo este último responsável por captar os efeitos heterogêneos por meio de funções dose-resposta. Em resumo, seus resultados indicam que o montante do financiamento influencia diretamente tanto a geração de postos de trabalho quanto a variação salarial, revelando padrões adicionais de heterogeneidade que ampliam os achados previamente documentados na literatura.

Ademais, o estudo fez uso dos microdados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) e informações dos financiamentos do Programa Empresarial do FCO, onde identificaram efeitos positivos e estatisticamente significativos sobre a expansão do emprego e a elevação dos salários das empresas beneficiadas, no período de 2004 a 2011.

Evidências semelhantes foram encontradas em estudos sobre o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE), os quais apontam impactos positivos do crédito sobre indicadores de desenvolvimento econômico local, emprego e renda, com efeitos diferenciados conforme o perfil dos beneficiários e a intensidade do acesso ao financiamento.

Em Cunha Junior e Soares (2024), os autores realizam uma investigação sobre o impacto do FNE sobre o crescimento do emprego e da massa salarial. É estimada a Função Dose-Resposta com uma especificação robusta à presença de endogeneidade. Os resultados encontrados convergem para impactos positivos e significantes sobre o crescimento do emprego e da massa salarial, confirmando o grau de adequabilidade da forma semiparamétrica adotada. Por fim, os autores ressaltam a identificação de que o ponto de dosagem ótima do modelo OLS superestima o ponto ótimo encontrado no modelo IV, e isso não resulta em um maior impacto sobre o crescimento das variáveis em análise.

Mais recentemente, a literatura tem incorporado uma perspectiva de gênero a essas análises, investigando o papel do crédito como instrumento de redução das desigualdades estruturais. Nesse sentido, trabalhos recentes mostram que uma maior participação feminina nos financiamentos do FNE e do Programa de Microfinanças Urbana do Banco do Nordeste (Crediamigo) está associada ao aumento dos salários das mulheres e à redução da desigualdade salarial de gênero nos municípios nordestinos, com efeitos que se intensificam à medida que cresce a proporção do crédito direcionada ao público feminino.

O estudo de Da Cunha Junior et al (2024) avaliou os impactos do Programa Crediamigo sobre os beneficiários residentes nos municípios atendidos pelo programa, entre os anos de 2000 e 2021. A metodologia utilizada também foi a estimação da Função Dose-Resposta, que considera a variável de tratamento como uma variável contínua e, portanto, analisa os seus efeitos heterogêneos. Os resultados apresentados revelam coeficientes estatisticamente significantes, tanto na relação entre intensidade do tratamento e as variáveis resposta, como também, no efeito da variável binária referente ao tratamento sobre as mesmas variáveis analisadas. Além disso, o efeito dose sugere uma ampliação do lucro operacional conforme aumenta o número de renovações do Crediamigo (variável de tratamento), assim como na capacidade de pagamento, e que além de exibirem um padrão crescente, apresentam um ponto de aceleração a partir da 35ª renovação (70% de dosagem).

Por fim, os autores chamam atenção para o impacto negativo sobre as receitas não operacionais, sugerindo uma dependência cada vez menor dos clientes sobre rendas que não derivam do seu negócio analisado, o qual foi destinado o recurso do Crediamigo.

Mais recentemente, Sousa Bastos et al. (2026) analisam os efeitos do aumento da participação feminina nos financiamentos do FNE sobre o salário médio das mulheres e a desigualdade salarial entre gêneros nos municípios nordestinos. Utilizando o método do Escore de Propensão Generalizado (GPS), os autores constataam que localidades nas quais mais de 60% do volume de crédito foi destinado ao público feminino apresentam elevação nos rendimentos das mulheres e diminuição do hiato salarial de gênero. Ademais, observa-se que tais impactos se tornam mais expressivos à medida que essa participação cresce, evidenciando o papel do crédito como um importante instrumento de empoderamento econômico.

3. Estratégia Econométrica

O modelo proposto por Cerulli estrutura-se em duas etapas complementares. A primeira consiste em estimar a probabilidade de participação no programa, identificando os fatores que determinam o acesso ao tratamento. Essa etapa busca captar o processo de seleção, permitindo distinguir entre os indivíduos que receberam alguma dose do tratamento e aqueles que não participaram. A partir dessa modelagem, obtém-se um termo de correção que representa o viés potencial decorrente da não aleatoriedade na participação.

Na segunda etapa, o foco volta-se à estimação da função dose-resposta propriamente dita, ou seja, da relação entre o nível de tratamento recebido e o resultado de interesse. Diferentemente das abordagens tradicionais, o modelo de Cerulli incorpora o termo de correção estimado na etapa anterior, ajustando os resultados para o viés de seleção. Dessa forma, torna-se possível estimar o impacto médio esperado do tratamento em diferentes níveis de intensidade, levando em consideração que a decisão de participar do programa não ocorreu de forma aleatória. Posto isso, considere dois diferentes, e exclusivos, potenciais resultados: um referente a unidade i quando tiver recebido o FNE (tratamento), y_{1i} , e um referente a mesma unidade quando não recebeu o FNE (controle), y_{0i} .

Assumiremos w como um indicador de tratamento, no qual assume valor 1 para unidades tratadas e 0 para as não tratadas, e definimos $X_i = (x_{1i}, \dots, x_{Mi})$ como um vetor linha de M características observáveis e exógenas por unidade.

Tais características referem-se as variáveis explicativas utilizadas no modelo, como idade média dos funcionários, nível de escolaridade, setor da empresa, dentre outras. No qual N corresponde ao número total de unidades, N_1 é o número de unidades tratadas e N_0 o número de unidades não tratadas, com $N = N_1 + N_0$

Dado que as variáveis de cofatores influenciam tanto a variável dependente como a variável explicativa, faremos $g_1(x)$ e $g_0(x)$ as unidades responsáveis pelo vetor dessas covariáveis de x quando a unidade é tratada ou não-tratada. Adicionalmente, supomos μ_1 e μ_0 como dois escalares e, e_1 e e_0 como duas variáveis aleatórias com média incondicional igual a zero e variância constante.

Por fim, definiremos t_j , que assume valores dentro de um intervalo contínuo $[0,100]$, como o indicador de tratamento contínuo, e $h(t_j)$ como uma função derivável de t_j .

Com o intuito de simplificar as notações, iremos dispensar o uso do subscrito i quando formos definir quantidades e relações populacionais.

O modelo assume, então, a seguinte forma:

$$\begin{cases} w=1 \rightarrow y_1 = \mu_1 + g_1(x) + h(t) + e_1 \\ w=0 \rightarrow y_0 = \mu_0 + g_0(x) + e_0 \end{cases} \quad [1]$$

sendo:

$$\begin{cases} h(t) = 0 \text{ se } w=0 \\ h(t) \neq 0 \text{ se } w=1 \end{cases}$$

Ou seja, a função $h(t)$ é diferente de 0 apenas quando a empresa fizer parte do grupo de tratamento, ou seja, ter recebido o FNE. Assim, podemos definir os parâmetros causais de interesse. Logo, definindo o Efeito do Tratamento (TE) como $(TE) = (y_1 - y_0)$, e definimos os parâmetros causais de interesse como os Efeitos Médios de Tratamento (ATE) da população condicionais a x e t , ou seja:

$$\begin{aligned} ATE(X, t) &= E(y_1 - y_0 | X, t) \\ ATET(X, t > 0) &= E(y_1 - y_0 | X, t > 0) \\ ATENT(X, t = 0) &= E(y_1 - y_0 | X, t = 0) \end{aligned} \quad [2]$$

sendo:

ATE = média global de TE ;
 $ATET$ = média de TE em unidades tratadas; e
 $ATENT$ = média de TE em unidades não tratadas.

Logo, pela Lei das Expectativas Iteradas podemos encontrar os ATE 's incondicionais da população:

$$\begin{aligned} ATE &= E_{(x,t)} \{ATE(X, t)\} \\ ATET &= E_{(x,t > 0)} \{ATE(X, t > 0)\} \\ ATENT &= E_{(x,t = 0)} \{ATE(X, t = 0)\} \end{aligned} \quad [3]$$

No qual $E_z(\cdot)$ identifica o operador média que foi assumido pelo suporte de um vetor genérico de variáveis z . Assumindo uma forma paramétrica linear nos parâmetros como $g_0(x) = x\delta_0$ e $g_1(x) = x\delta_1$, definimos o Efeito Médio do Tratamento (*Average Treatment Effect* - ATE) condicional a x e t como:

$$ATE(x, t) = E(y_1 - y_0 | x, t) = \begin{cases} (\mu_1 - \mu_0) + x(\delta_1 - \delta_0) + h(t) \text{ se } t > 0 \\ (\mu_1 - \mu_0) + x(\delta_1 - \delta_0) \text{ se } t = 0 \end{cases} = \begin{cases} \mu + x\delta + h(t) \text{ se } t > 0 \\ \mu + x\delta \text{ se } t = 0 \end{cases}$$

Assim, teremos:

$$ATE(x, t, w) = \begin{cases} ATE(x, t > 0) \text{ se } w=1 \\ ATE(x, t=1) \text{ se } w=0 \end{cases}$$

$$I(t>0)[\mu+x\delta+h(t)]I(t=0)[\mu+x\delta] \\ w.[\mu+x\delta+h(t)]+(1-w).[\mu+x\delta]$$

Onde: $\mu=(\mu_1-\mu_0)$ e $\delta=(\delta_1-\delta_0)$.

O Efeito Médio do Tratamento não condicionado relativo ao modelo [1] pode ser encontrado pela média em (x,t,w) , logo:

$$ATE=p(w=1).ATET+p(w=0)(\mu+\bar{x}_{t=0}\delta)$$

No qual $P(.)$ é a probabilidade e $\bar{h}_{t=0}$ é a média da função resposta com $t>0$. Pela Lei das Expectativas Iteradas, $ATE=p(w=1).ATET+p(w=0).ATENT$, nós podemos obter a última linha da fórmula anterior:

$$\begin{cases} ATE=p(w=1)(\mu+\bar{x}_{t=0}\delta+\bar{h}_{t>0})+p(w=0)(\mu+\bar{x}_{t=0}\delta) \\ ATET=(\mu+\bar{x}_{t>0}\delta+\bar{h}_{t>0}) \\ ATENT=\mu+\bar{x}_{t=0}\delta \end{cases} \\ [4]$$

Após algumas manipulações algébricas, teremos:

$$ATE(x,t,w)=w.[ATE+(x_{t>0}-\bar{x}_{t>0})\delta+(h(t)-\bar{h}_{t>0})]+(1-w).[ATENT+(x_{t=0}-\bar{x}_{t>0})\delta] \\ \begin{cases} ATET(x,t)=ATE(x,t,w=1)=ATET+(x_{t>0}-\bar{x}_{t>0})\delta+(h(t)-\bar{h}_{t>0}) \\ ATE(x,t)=ATE(x,t,w=0)=ATENT+(x_{t>0}-\bar{x}_{t>0})\delta \end{cases}$$

$$\begin{cases} ATET=\mu+\bar{x}_{t>0}\delta+\bar{h}_{t>0} \\ ATENT=\mu+\bar{x}_{t=0}\delta \end{cases}$$

Nós podemos definir a Função Dose-Resposta (FDR) por meio da média $ATET(x,t)$ em x :

$$ATE(t,w)=E_x\{ATE(x,t,w)\}=w.[ATET+h(t)-\bar{h}_{t>0}]+(1-w).ATENT$$

Logo:

$$ATE(t)=\begin{cases} ATET+(h(t)-\bar{h}_{t>0}) & \text{se } t>0 \\ ATENT & \text{se } t=0 \end{cases} \quad [5]$$

A estimação de [5] é a principal proposta de Cerulli (2015).

3.1 Estimação sob a hipótese de *unconfoundedness*

Em econometria e inferência causal, a *unconfoundedness* é uma suposição fundamental que afirma que a atribuição de tratamento é independente de resultados potenciais, condicional às covariáveis observadas. Dessa forma, inicia-se com a

suposição da independência da média condicional, mostrando que é suficiente para fornecer uma estimativa consistente dos parâmetros.

A hipótese de *unconfoundedness* afirma que a depender do conhecimento dos verdadeiros fatores exógenos a X , as condições para a aleatoriedade são restauradas e os parâmetros causais tornam-se identificáveis.

Dado o conjunto de variáveis aleatórias $\{Y_{0i}, Y_{1i}, X_i, W_i, T_i\}$, conforme definido acima, a *unconfoundedness* implica nesse caso específico que:

$$E(Y_{ji} | W_i, T_i, X_i) = E(Y_{ji} | X_i) \quad \text{com } j = \{0, 1\}$$

Vale ressaltar que, a partir do modelo de resultado potencial, o resultado observável é

$$Y = \mu_0 + W[(\mu_1 - \mu_0) + \bar{x}\delta + \bar{h}] + \bar{x}\delta_0 + W(h(T) - \bar{h}) + e_0 + W(e_1 - e_0) \quad [6]$$

Dado que as variáveis observáveis X, W e T são exógenas em [6], e sabendo que a Independência da Média Condicional é condição suficiente para identificar os ATE's e a Função Dose Resposta (FDR). Logo, podemos reescrever como:

$$E(Y | X, W, T) = \mu_0 + X\delta_0 + W[(\mu_1 - \mu_0) + \bar{x}\delta + \bar{h}] + W[X - \bar{X}]\delta + W[h(T) - \bar{h}]$$

$$\text{Onde } [(\mu_1 - \mu_0) + \bar{x}\delta + \bar{h}] = ATE$$

Com algumas manipulações algébricas, Cerulli (2015) demonstra em seu artigo que:

$$ATE = (\mu_1 - \mu_0) + \bar{x}\delta + \bar{h}$$

Isto leva a estimativa da seguinte equação:

$$E(Y | X, W, T) = \mu_0 + X\delta_0 + WATE + W[X - \bar{X}]\delta + W[h(T) - \bar{h}] \quad [7]$$

No qual o termo $[h(T) - \bar{h}]$ pode ser estimado por regressão polinomial.

Os estimadores dos parâmetros estruturais podem ser obtidos de forma consistente por meio do método dos Mínimos Quadrados Ordinários. A partir da mesma especificação econométrica, é possível identificar diretamente o efeito médio do tratamento (ATE). As estimativas do efeito médio do tratamento sobre os tratados (ATET), sobre os não tratados (ATENT) e da função dose-resposta (FDR) são derivadas por meio de combinações funcionais dos parâmetros estimados nas equações [4] e [5]. Como essas derivadas são funções contínuas de estimadores consistentes, elas também serão consistentes. Os erros padrão para o ATET e o ATENT podem ser obtidos adequadamente por meio de reamostragem bootstrap, conforme proposto por Wooldridge (2010).

Por fim, para completar a identificação dos ATE's e da função dose resposta, assume-se uma forma paramétrica de grau m para $h(t)$:

$$h(t) = \lambda_1 t + \lambda_2 t^2 + \lambda_3 t^3 + \lambda_4 t^4 + \dots + \lambda_m t^m$$

No qual $\lambda_i (i=1, \dots, m)$ então entre os parâmetros a serem estimados em [7].

Durante o estudo, foram testadas formas funcionais para tratamento, como linear, quadrática e de quarta ordem, porém a forma cúbica foi a que apresentou melhores resultados (Tahmooresnejad, 2019):

$$h(t) = at + bt^2 + ct^3$$

Logo, por [7], teremos:

$$E(y|x, w, t) = \mu_0 + x\delta_0 + wATE + w[x - \bar{x}]\delta + a[t - E(t)]w + b[t^2 - E(t^2)]w + c[t^3 - E(t^3)]w \quad [8]$$

Sob as hipóteses assumidas até aqui, a estimação via MQO leva a estimativas consistentes dos parâmetros. Assim, a Função Dose Resposta é estimada por:

$$\widehat{ATE}(t_j) = w \left[\widehat{ATE}T + \hat{a} \left(t_j - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i \right) + \hat{b} \left(t_j^2 - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i^2 \right) + \hat{c} \left(t_j^3 - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i^3 \right) \right] + (1-w) \widehat{ATE}T \quad [9]$$

O gráfico da curva $\widehat{ATE}(t_j)_{t_j > 0}$ como função de t, retorna a forma da FDR. Além disso, para cada nível de dose t, também é possível calcular um intervalo de confiança em torno da curva dose-resposta.

Por definição:

$$T_1 = t - E(t), T_2 = t^2 - E(t^2) \text{ e } T_3 = t^3 - E(t^3)$$

com erro padrão da DRF:

$$\widehat{\sigma}_{\widehat{ATE}(t)} = \left(T_1^2 \widehat{\sigma}_a^2 + T_2^2 \widehat{\sigma}_b^2 + T_3^2 \widehat{\sigma}_c^2 + 2 T_1 T_2 \widehat{\sigma}_{a,b} + 2 T_1 T_3 \widehat{\sigma}_{a,c} + 2 T_2 T_3 \widehat{\sigma}_{b,c} \right)^{\frac{1}{2}}$$

O intervalo de confiança α de $\widehat{ATE}(t)$ é dado por:

$$\left\{ \widehat{ATE}(t) \pm Z_{\frac{\alpha}{2}} \widehat{\sigma}_{\widehat{ATE}(t)} \right\}$$

Que pode ser plotado ao longo da curva dose-resposta para detectar visualmente a significância estatística do TE ao longo do nível do financiamento (FNE) recebido pela firma.

3.2 Base de Dados

Perfeito — vou te entregar um texto já no padrão de artigo, fluido e bem estruturado, que você pode usar na seção de **dados** ou **base de dados**.

A base de dados utilizada neste estudo é construída a partir da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), que constitui uma das principais fontes administrativas para análise do mercado de trabalho formal no Brasil. A RAIS oferece informações detalhadas em nível de estabelecimento, incluindo características dos trabalhadores, vínculos empregatícios, remuneração e setor de atividade econômica, permitindo a construção de indicadores como massa salarial, salário médio e número de vínculos formais.

O grupo tratado é identificado a partir de base administrativa interna do Banco do Nordeste do Brasil (BNB), especificamente a base de cadastro de clientes, que reúne informações detalhadas sobre as operações de crédito realizadas no âmbito do FNE. Essa base permite identificar, em nível de firma, quais estabelecimentos acessaram o programa, bem como mensurar o volume de recursos contratados ao longo do tempo, possibilitando a construção da variável de tratamento em sua forma contínua. A utilização de dados administrativos do próprio agente financeiro confere elevada precisão à identificação dos beneficiários e reduz problemas de mensuração frequentemente presentes em bases secundárias. Além disso, a integração dessa base com os dados da RAIS viabiliza o acompanhamento dos resultados das firmas no mercado de trabalho formal, permitindo uma análise consistente dos efeitos do crédito sobre emprego e rendimentos.

A amostra compreende o período de 2010 a 2023, sendo 2010 definido como o ano de referência para a construção das variáveis em período pré-tratamento (t_0). A delimitação temporal permite capturar tanto a evolução dos indicadores ao longo do tempo quanto possíveis efeitos de choques macroeconômicos, como a recessão econômica da segunda metade da década de 2010 e a pandemia de COVID-19.

Do ponto de vista geográfico, a análise abrange os estados da região Nordeste, além da porção norte do estado de Minas Gerais, incluindo também o município de Belo Horizonte, de forma a compatibilizar a área de atuação do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE). Essa delimitação garante coerência institucional entre a base de dados e o escopo da política pública analisada.

A variável de tratamento é definida como a intensidade do crédito concedido às firmas por meio do FNE, ou seja, será o valor do montante recebido pela empresa, o

que permite a aplicação da abordagem de função dose–resposta. Diferentemente de modelos binários, essa especificação possibilita explorar a heterogeneidade dos efeitos em função do volume de recursos acessados pelas empresas.

Para mitigar problemas de endogeneidade e garantir maior robustez às estimativas, são incorporadas variáveis de controle construídas a partir do período pré-tratamento (t_0), capturando as condições iniciais das firmas antes do acesso ao crédito. Entre essas variáveis, destacam-se a idade média dos trabalhadores, a proporção de mulheres na força de trabalho e a composição educacional, medida pelas proporções de trabalhadores com diferentes níveis de escolaridade. Além disso, são incluídas variáveis estruturais como o porte da empresa, classificação setorial e uma dummy para localização no semiárido, refletindo heterogeneidades produtivas e regionais relevantes.

Adicionalmente, o modelo incorpora efeitos fixos de tempo por meio de dummies anuais, permitindo controlar por choques macroeconômicos comuns a todas as firmas, como variações no ciclo econômico e eventos extraordinários, a exemplo da pandemia de COVID-19. Essa estratégia assegura que os efeitos estimados da intensidade do crédito não sejam confundidos com mudanças conjunturais ao longo do período analisado.

4. Resultados Preliminares

A estratégia empírica adotada, ao incorporar um conjunto abrangente de variáveis de controle mensuradas no período pré-tratamento (t_0), tem como objetivo central mitigar vieses de seleção e evitar problemas clássicos de pós-tratamento na estimação dos efeitos do crédito. No contexto do FNE, as empresas diferem substancialmente antes de acessar o financiamento, seja em termos de composição da força de trabalho, estrutura produtiva, localização regional ou escala operacional. Ignorar essas diferenças iniciais poderia levar à atribuição indevida ao crédito de variações que, na realidade, já estavam presentes antes da contratação. Ao fixar as covariáveis no primeiro ano de observação da empresa (data do cadastro da empresa junto ao BNB), a estratégia empírica controla explicitamente por essas características pré-existentes, permitindo que o efeito estimado da intensidade do crédito seja interpretado como associado à evolução dos resultados ao longo do tempo, e não a diferenças de nível

entre firmas. Além disso, o uso de variáveis em t_0 é particularmente relevante em um contexto de crédito contínuo e escalonado, como o do FNE, no qual as empresas podem contratar recursos em diferentes momentos e volumes.

Ademais, a transformação logarítmica das variáveis econômicas, tanto dos resultados (salário médio, massa salarial) quanto da intensidade do crédito, cumpre dois papéis complementares na análise: (i) do ponto de vista econômico, o uso do logaritmo permite interpretar os efeitos estimados em termos relativos ou percentuais, o que é particularmente adequado para variáveis como salários e crédito, cujas variações absolutas têm significados distintos dependendo do nível inicial da empresa. Essa interpretação é mais compatível com a teoria econômica, que sugere que decisões de investimento e remuneração respondem proporcionalmente, e não linearmente, a mudanças nos incentivos financeiros; (ii) do ponto de vista econométrico, a transformação logarítmica contribui para mitigar problemas associados à elevada heterogeneidade e assimetria das distribuições observadas.

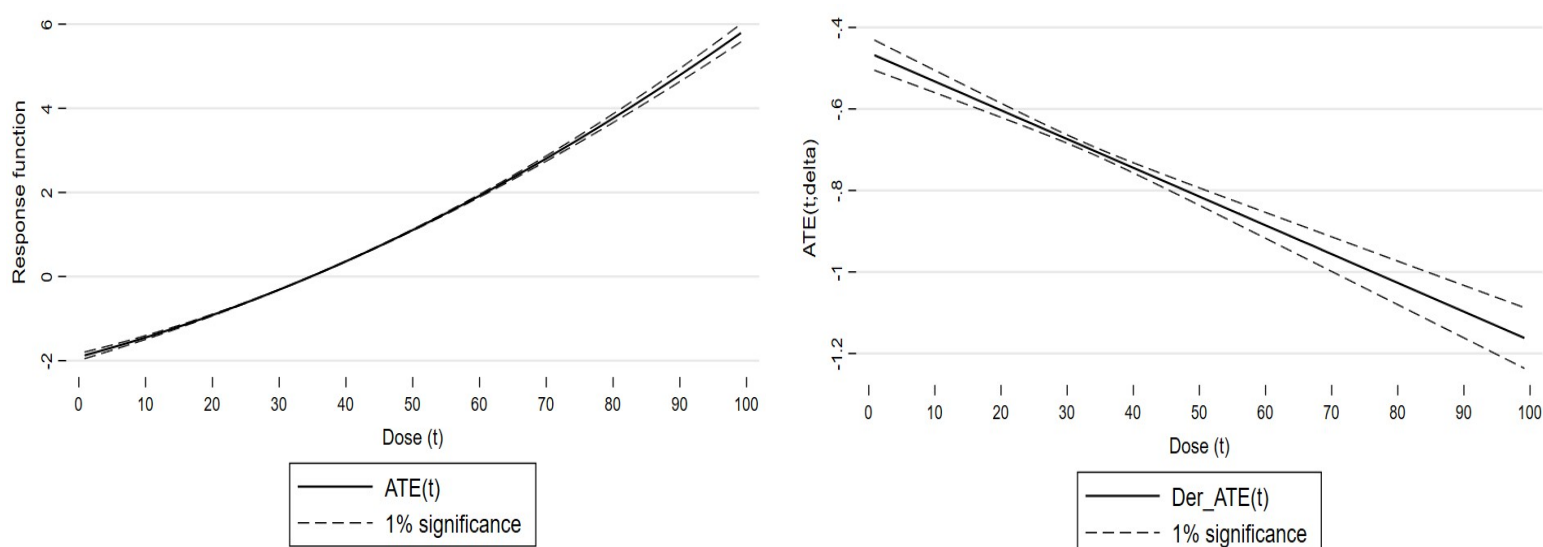
No caso do FNE, o montante contratado apresenta cauda longa à direita, com poucos valores extremamente elevados coexistindo com uma grande massa de observações de baixo valor. O logaritmo comprime essa cauda, reduz a influência excessiva de outliers, tende a atenuar a heterocedasticidade e melhora a estabilidade da estimação local da função dose-resposta. Destaca-se ainda, que a transformação logarítmica preserva a ordenação das observações, de modo que empresas que recebem maiores volumes de crédito continuam sendo interpretadas como mais intensamente tratadas.

4.1 Massa salarial

Antes de interpretar os resultados, é importante esclarecer a leitura do eixo vertical das figuras associadas à função dose-resposta da massa salarial. Embora o eixo vertical apresente valores negativos em determinados intervalos, isso não significa massa salarial negativa. A variável dependente é o logaritmo da massa salarial (\ln_massa), de modo que valores negativos no eixo vertical indicam níveis da variável abaixo do valor de referência implícito na padronização do modelo. Em outras palavras, tratam-se de efeitos relativos em logaritmo, e não de níveis absolutos de remuneração agregada.

A análise da função dose–resposta (Figura 1), revela uma relação claramente crescente entre a intensidade do crédito do FNE e a massa salarial das empresas. Em níveis baixos de dosagem (aproximadamente entre 0% e 20%), o efeito estimado é reduzido e levemente negativo, sugerindo que volumes muito pequenos de crédito não são suficientes para promover aumentos relevantes na remuneração agregada do trabalho. Esse padrão é compatível com o uso inicial do crédito para recomposição financeira, quitação de passivos ou capital de giro, sem impactos imediatos sobre a folha salarial.

Figura 1 - Função Dose–Resposta do crédito do FNE sobre a Massa Salarial



À medida que a intensidade do financiamento avança para níveis intermediários (em torno de 20% a 50%), observa-se uma inflexão clara da função dose–resposta, com a massa salarial passando a responder positivamente ao crédito. Esse comportamento indica a existência de um limiar mínimo de financiamento a partir do qual o FNE passa a viabilizar expansão produtiva, aumento do emprego formal e maior capacidade de pagamento às famílias. A partir desse ponto, o crédito deixa de ter caráter meramente defensivo e passa a exercer papel mais ativo na dinâmica produtiva das firmas.

Em níveis elevados de dosagem (acima de aproximadamente 50%), a função dose–resposta torna-se acentuadamente convexa, evidenciando uma aceleração dos efeitos do crédito sobre a massa salarial. Isso sugere que empresas que acessam volumes mais elevados de financiamento conseguem combinar expansão do quadro de

trabalhadores com aumentos no total de remunerações pagas, possivelmente associados à ampliação de escala, maior formalização e investimentos complementares em capital físico e organizacional.

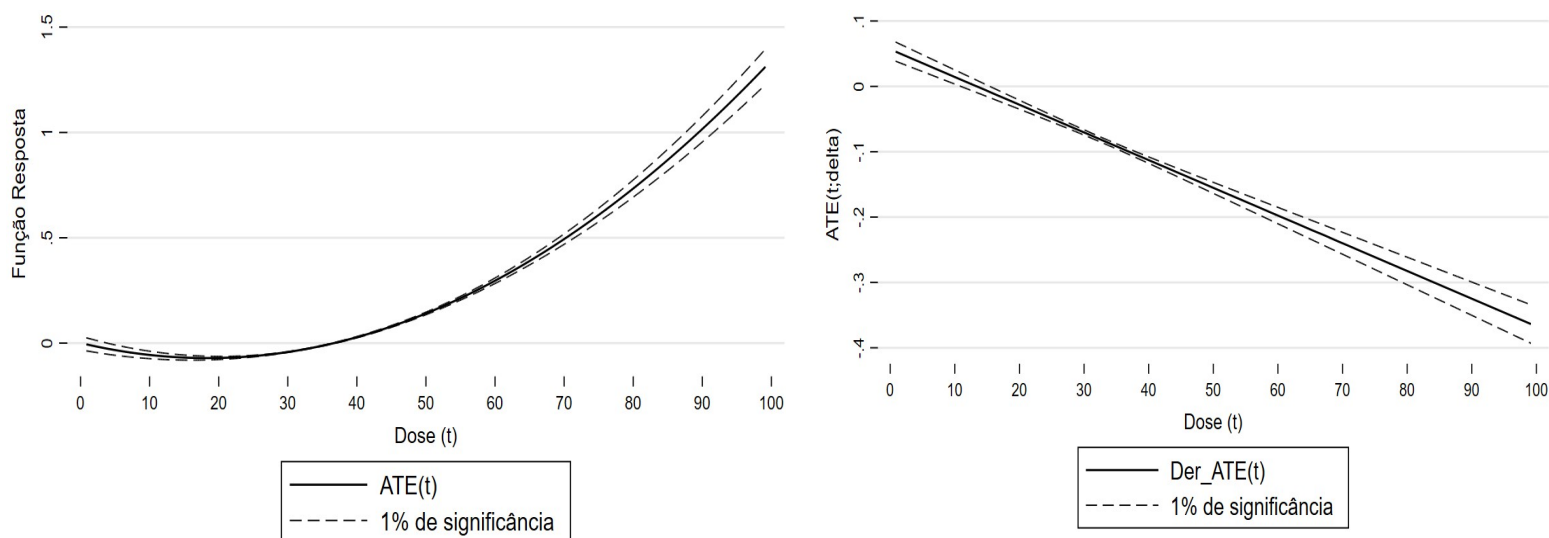
A análise do ATE(t) complementa essa leitura ao focar nos efeitos marginais de incrementos adicionais de crédito. Observa-se que o ATE(t) é negativo ao longo de praticamente toda a distribuição da dose, com maior intensidade em níveis intermediários de financiamento e leve recuperação nos níveis mais altos. Esse padrão indica que, embora o efeito acumulado do crédito sobre a massa salarial seja positivo, os ganhos marginais associados a aumentos adicionais do financiamento tendem a ser decrescentes em grande parte da distribuição.

Em termos econômicos, isso sugere que, após certo ponto, cada unidade adicional de crédito gera aumentos proporcionais menores na massa salarial, possivelmente devido à presença de retornos marginais decrescentes, custos de ajuste ou à realocação dos recursos para outros fatores produtivos.

4.2 Salário Médio

A análise gráfica da função dose–resposta (Figura 2) reforça a evidência de não linearidade. Em níveis baixos de dosagem do crédito (aproximadamente entre 0% e 30% na escala padronizada), o efeito marginal do FNE sobre o salário médio é próximo de zero ou levemente negativo, sugerindo que volumes reduzidos de financiamento podem não ser suficientes para gerar ajustes relevantes na estrutura salarial das firmas. Em níveis intermediários de dosagem (entre aproximadamente 30% e 60%), observa-se uma inflexão positiva da curva, indicando que, a partir de certo limiar, o crédito começa a se traduzir em ganhos salariais médios, possivelmente via expansão da atividade, melhoria da produtividade ou formalização do emprego. Já em níveis elevados de dosagem (acima de 60%), a função dose–resposta cresce de forma mais acentuada, evidenciando que grandes volumes de financiamento estão associados a aumentos mais expressivos no salário médio.

Figura 2 - Função Dose–Resposta do crédito do FNE sobre o salário médio

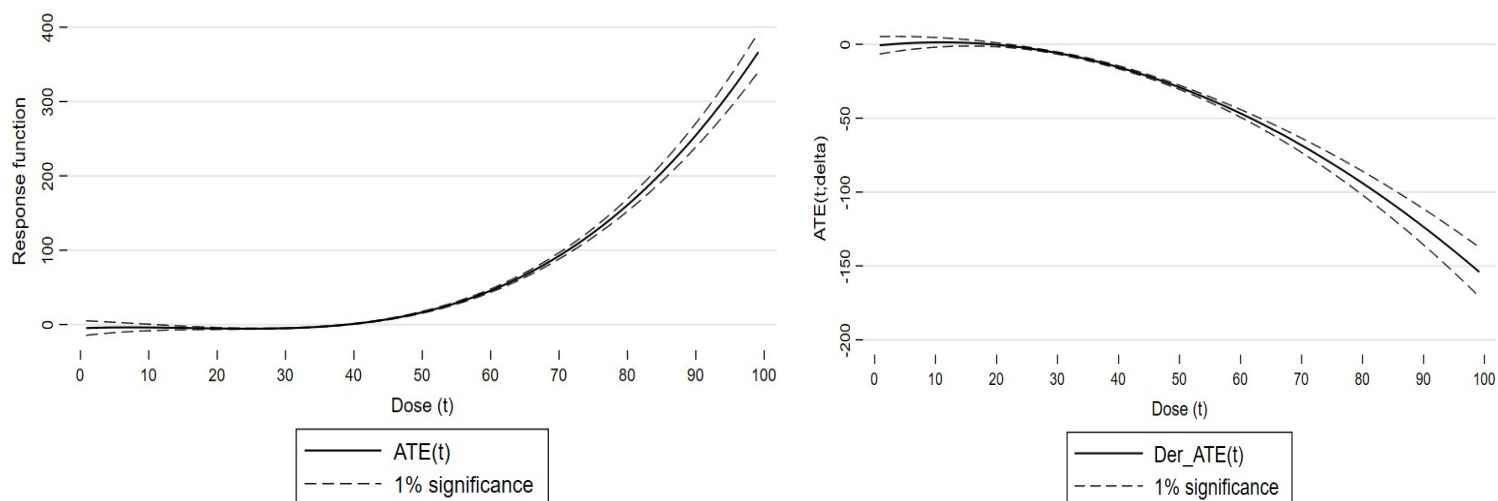


Os intervalos de confiança indicam que os efeitos marginais são estatisticamente significativos ao longo de praticamente toda a distribuição da dose, reforçando a robustez da evidência empírica. Em conjunto, a análise do $ATE(t)$ complementa a interpretação da função dose–resposta ao mostrar que, embora o efeito acumulado do FNE sobre o salário médio seja positivo em doses mais elevadas, os ganhos marginais associados a aumentos adicionais de crédito tendem a diminuir e, eventualmente, tornar-se negativos. Isso reforça a importância de distinguir entre efeitos acumulados e marginais ao avaliar políticas de crédito de grande escala.

4.3 Número de Empregados (Vínculos)

A função dose–resposta (Figura 3) em nível indica que, em níveis iniciais de dosagem (aproximadamente entre 0% e 20%), o efeito do crédito sobre o número de empregados é próximo de zero ou ligeiramente negativo. Esse comportamento sugere que volumes reduzidos de financiamento não são suficientes para induzir expansão imediata do emprego formal, sendo possivelmente direcionados à estabilização financeira das firmas ou à recomposição de capital circulante, sem alterações relevantes no quadro de pessoal.

Figura 3 - Função Dose–Resposta do crédito do FNE sobre o número de empregos



À medida que a intensidade do crédito avança para níveis intermediários (cerca de 20% a 50%), a função passa a apresentar trajetória ascendente, indicando que o financiamento começa a exercer papel mais ativo na geração de empregos, deixando de atuar apenas como instrumento de manutenção e passa a estimular crescimento da escala operacional das empresas. Enquanto para os níveis mais elevados de dosagem (acima de aproximadamente 50%), observa-se uma aceleração expressiva da função dose–resposta, com crescimento acentuado do número de vínculos formais.

Por fim, de maneira complementar, observa-se que o $ATE(t)$ assume valores negativos ao longo de praticamente toda a distribuição da dose, com queda mais acentuada à medida que a intensidade do financiamento aumenta. Novamente, ATE negativo não contradiz uma DRF positiva, ele apenas indica retornos marginais decrescentes. Esse resultado indica que, embora o efeito acumulado do crédito sobre o emprego seja positivo, os ganhos marginais associados a incrementos adicionais do financiamento tornam-se progressivamente menores, possivelmente decorrentes de restrições tecnológicas, custos de ajuste da mão de obra ou substituição parcial entre trabalho e capital em empresas de maior porte ou mais capitalizadas.

Referências

Da Cunha Júnior, J. O. S. É.; Brito Soares, Ricardo. Efeitos Heterogêneos Da Intensidade Do Tratamento: Uma Análise Do Fundo Constitucional De Financiamento Do Nordeste (FNE). **Brazilian Journal of Applied Economics/Economía Aplicada**, v. 28, n. 1, 2024.

Da Cunha Junior, J. M. da, Oliveira, A. I. de, Melo, M. R. B., Valente Júnior, A. S., & Viana, L. F. G. (2024). IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS DO CREDIAMIGO: NOVAS PERSPECTIVAS A PARTIR DA FUNÇÃO DOSE-RESPOSTA. *Revista Econômica Do Nordeste*, 55(4), 42–62.

de Sousa Bastos, F., Fonseca Carneiro, D. R., Rimekka Shirasu, M., & Diniz Irffi, G. (2026). Acesso ao Crédito Reduz Desigualdade Salarial de Gênero? Um Estudo Sobre Os Impactos do FNE nos Municípios Nordestinos. *CADERNOS DE FINANÇAS PÚBLICAS*, 26(01).

OLIVEIRA, Guilherme Resende; MENEZES, Rafael Terra; RESENDE, Guilherme Mendes. Efeito dose resposta do fundo constitucional de financiamento do centro-oeste (FCO) no estado de Goiás. **Nova Economia**, v. 28, n. 3, p. 965-1000, 2018.