

Prevendo taxa de inadimplência do cartão de crédito através de indicadores macroeconômicos

Nabil Murtadha

Universidade Católica de Brasília

Julho, 2024

- Cartão de crédito: Meio de pagamento pós-pago regulamentado pelo Banco Central; Produto de crédito mais popular
- Inadimplência: 90 dias após o vencimento sem pagar
- Resolução n.4549/2017: Limitou o crédito rotativo em 30 dias. Na prática, reduziu as taxas de juros cobrados em caso de atraso
- Base de dados públicas entre os anos de 2011 e 2023

Objetivo do trabalho

- Tentar identificar alguma sensibilidade da série temporal com as alterações nas resoluções do Banco Central
- Estimar alguma correlação da série com índices macroeconômicos
- Entender qual o melhor modelo de previsão da série de inadimplência do cartão de crédito.
- Verificar quais indicadores macroeconômicos são efetivos para previsão
- Complementar a literatura sobre inadimplência com os achados

Título: *A inadimplência do sistema financeiro no Brasil explicada por meio de fatores macroeconômicos* [1]

Objetivo: Identificar os efeitos dos indicadores macroeconômicos na inadimplência **geral** da economia. (Revisão bibliográfica, ARIMAX)

- Reuniu trabalhos que identificaram a relação do PIB, taxa de juros, inflação, câmbio, renda, desemprego, mercado imobiliário, produção industrial e bolsa de valores com a inadimplência.
- Propôs um modelo de previsão ARIMAX para a taxa de inadimplência do sistema financeiro, utilizando saldo de crédito, dívida pública e taxa de juros como variáveis explicativas.

Título: *“Loss rate forecasting framework based on macroeconomic changes: Application to US credit card industry” [2]*

Objetivo:

- Propor modelos de previsão de taxa de inadimplência de cartões de créditos utilizando indicadores macroeconômicos
- Identificar os melhores indicadores e defasagens para o modelo de previsão
- Utilizar parâmetros de performance para identificar o melhor modelo de machine learning para previsão da taxa de inadimplência

Literatura - S. Taghiyeh, D. C. Lengacher e R. B. Handfield (2021)

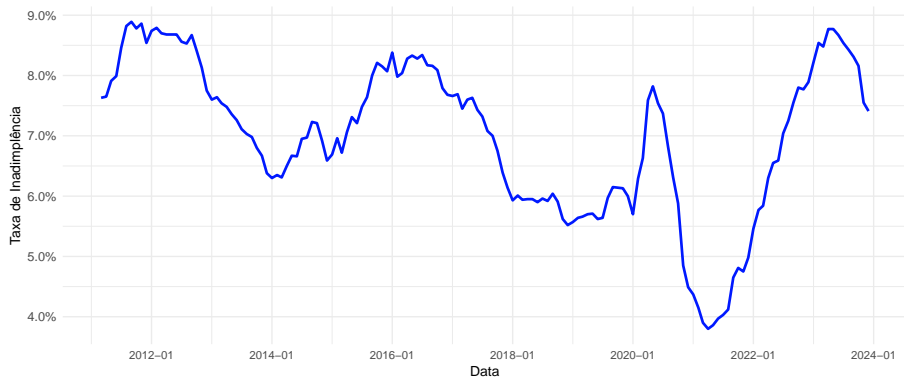
Fluxo apresentado em TAGHIYEH Et. AL (2021)			
Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
Criar as variáveis defasadas Normalização dos dados e análise de correlação Conversão para taxas de variações (ao ano)	Regressão Lasso com a defasagem de maior correlação para cada variável macroeconômica	Treinar o modelo de Machine Learnign	Predição

Tabela: Indicadores selecionados para o artigo

Indicador do artigo de referência	Indicador adaptado para o estudo	Fonte	Período
Loss Rate	Taxa de inadimplência - Cartão de crédito - PF	BACEN	Mensal - Desde 2011
Building Permits	FBCF - construção civil	Ipea	Mensal - Desde 1996
Housing Starts	Índice nacional de construção civil (INCC)	FGV	Mensal - Desde 1944
Initial Unemployment Insurance Claims	Requerentes de Seguro-Desemprego	MT-PDET	Mensal - 2000 a 2023
Unemployment Rate	Taxa de desemprego	IBGE (PNADC e PME)	Mensal - Desde 2002
Consumer Confidence Index	Índice de confiança do consumidor (ICC)	FGV	Mensal - Desde 2005
University of Michigan Sentiment Index	expectativa ipca consumidor	FGV	Mensal- Desde 1967
S&P 500 Index	Índice B3	B3	Mensal - Desde 1998
Dow Jones Industrial Average	Índice Brasil 100	B3	Mensal - Desde 1998
Total Credit Utilization	Concessões - Total (Crédito)	BACEN	Mensal - Desde 2011
Revolving Credit Utilization	Saldo - Pessoas físicas (Crédito)	BACEN	Mensal - Desde 2011
Non Revolving Credit Utilization	-	-	-
Industrial Production Index	Pesquisa Industrial Mensal - Produção Física (PIM-PF)	IBGE	Mensal - Desde 1998
ISM Manufacturing New Orders	-	-	-
ISM Purchasing Managers Index	-	-	-
Weekly Hours Worked by Manufacturing Workers	Horas trabalhadas na produção	CNI	Mensal - Desde 2003
M1	Papel moeda em circulação (saldo em final de período)	BACEN	Mensal - Desde 1980
M2	Reservas bancárias (saldo em final de período)	BACEN	Mensal - Desde 1980
Yield (10 years minus 3 month)	Dívida mobiliária federal - Título indexado ao IPC-A	BACEN	Mensal - Desde 2005
Yield (10 years minus Federal Fund Rate)	Dívida mobiliária federal - Título indexado a Selic - LFT	BACEN	Mensal - Desde 2005
-	Índice de Atividade Econômica do Banco Central (IBC-Br)	BACEN	Mensal - Desde 2003
-	PIB mensal - valores correntes	BACEN	Mensal - Desde 1990
-	Crise Financeira	-	Mensal - Desde 2011
-	Resolução n.4549/2017	-	Mensal - Desde 2011

Taxa de inadimplência do cartão de crédito

Figura: Taxa de inadimplência - Pessoa Física

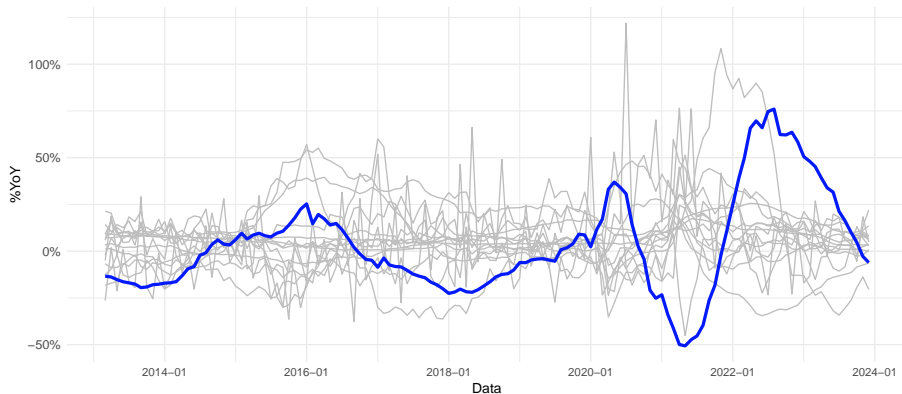


Fonte: Banco Central

- I: 142 observações e 18 variáveis
- II: Adiciona as defasagens, normalização e transformação em variação anual - 130 observações e 175 variáveis
- III: Seleciona as variáveis de maior correlação - 130 observações 18 variáveis
- IV: Regressão Lasso - 130 observações e 11 variáveis

Dados transformados

Figura: Variáveis macroeconômicas transformadas em taxas ao ano - YoY



Resultados do teste de correlação

Tabela: Resultado da correlação e sua significância referente aos indicadores econômicos e suas defasagem

Variável	Lag	Correlação	P-values	Significativo a 1%
Índice B3	0	-0,42	5,38E-07	Sim
Requerentes seguro desemprego	0	0,37	1,52E-05	Sim
Saldo - Total (Crédito)	0	0,35	5,19E-05	Sim
Taxa de Desemprego	5	-0,35	5,56E-05	Sim
Índice de Atividade Econômica do Banco Central (IBC-Br)	0	-0,27	2,21E-03	Sim
Expectativa IPCA consumidor	0	0,26	3,34E-03	Sim
Papel moeda em circulação (saldo em final de período)	0	-0,24	6,70E-03	Sim
PIB mensal - valores correntes	0	-0,21	1,47E-02	Não
FBCF - construção civil	0	-0,21	1,53E-02	Não
Concessões - Total (Crédito)	12	-0,19	2,96E-02	Não
Reservas bancárias (saldo em final de período)	0	-0,19	3,06E-02	Não
Índice nacional de construção civil (INCC)	7	0,18	8,25E-01	Não
Crise Financeira	0	0,17	5,15E-02	Não
Índice de confiança do consumidor (ICC)	0	0,16	6,87E-01	Não
Dívida mobiliária federal (saldos) - Título indexado a Selic - LFT	0	0,13	1,46E-01	Não
Dívida mobiliária federal (saldos) - Título indexado ao IPC-A	1	0,11	9,27E-01	Não
Resolução n.4549/2017	0	0,09	3,10E-01	Não

Resultados da regressão Lasso

Tabela: Indicadores macroeconômicos selecionados através da regressão Lasso

Variável	Lag	Correlação	Importância relativa
Saldo - Total (Crédito)	0	0,35	100,0%
FBCF - construção civil	0	-0,21	29,2%
Índice de Atividade Econômica do Banco Central (IBC-Br)	0	-0,27	14,6%
Dívida mobiliária federal (saldos) - Título indexado a Selic - LFT	0	0,13	14,2%
Índice B3	0	-0,42	13,8%
Requerentes seguro desemprego	0	0,37	10,7%
Expectativa IPCA consumidor	0	0,26	8,5%
PIB mensal - valores correntes	0	-0,21	5,2%
Resolução n.4549/2017	0	0,09	3,6%
Crise Financeira	0	0,17	2,6%

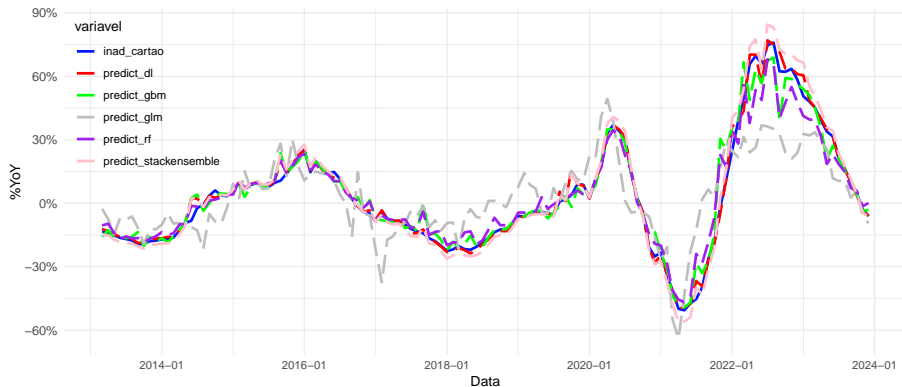
Resultados dos modelos de *machine learning*

Tabela: Estatísticas dos modelos de machine learning

Algoritmo	R ²	n = 104	n = 28
		MSE (Train)	MSE (Validation)
Deep learning	0,904	4,84E-05	3,77E-03
Stacked Ensemble	0,899	1,11E-03	4,73E-03
Gradient Boosting Machine	0,754	8,23E-04	1,42E-02
Distributed Random Forest	0,604	1,97E-02	1,36E-02
Generalized Linear Model	0,507	2,55E-02	2,69E-02

Resultados dos modelos de *machine learning*

Figura: Performance dos modelos de machine learning



Resultados dos modelos de *machine learning*

Tabela: Importância das variáveis por modelo de machine learning

Variável	DRF	GBM	GLM
Saldo - Total (Crédito)	1,00	1,00	1,00
PIB mensal - valores correntes	0,76	0,81	0,13
Índice de Atividade Econômica do Banco Central (IBC-Br)	0,52	0,45	0,20
FBCF - construção civil	0,38	0,10	0,44
Dívida mobiliária federal (saldos) - Título indexado a Selic - LFT	0,35	0,25	0,39
Índice B3	0,32	0,10	0,44
Expectativa IPCA consumidor	0,29	0,13	0,41
Requerentes seguro desemprego	0,29	0,16	0,23
Crise Financeira	0,06	0,06	0,23
Resolução n.4549/2017	0,01	0,00	0,30

Resultados dos modelos de *machine learning*

Tabela: Coeficientes do modelo GLM

Variável	coeficientes	erro padrão	zvalor	pvalor
Intercepto	-3,29	0,96	- 3,42	0,00
Saldo - Total (Crédito)	4,28	0,65	6,62	0,00
Índice de Atividade Econômica do Banco Central (IBC-Br)	1,28	1,21	1,06	0,29
FBCF - construção civil	-1,18	0,38	-3,14	0,00
Dívida mobiliária federal (saldos) - Título indexado a Selic - LFT	0,66	0,18	3,74	0,00
Índice B3	-0,56	0,12	-4,53	0,00
PIB mensal - valores correntes	-0,50	0,74	-0,68	0,50
Expectativa IPCA consumidor	-0,40	0,11	-3,54	0,00
Requerentes seguro desemprego	0,38	0,16	2,40	0,02
Resolução n.4549/2017	-0,19	0,07	-2,78	0,01
Crise Financeira	0,13	0,06	1,97	0,05

- As variáveis selecionadas foram significativas
- A Resolução n.4549/2017 demonstrou significativo e com coeficiente de sinal negativo, podendo concluir que sua implementação teve efeito
- Para modelos de predição *black-box* o DeepLearning se demonstrou mais eficaz enquanto modelo de predição de maior interpretabilidade o Gradient Boosting Machine se demonstrou mais eficaz
- As variáveis defasadas não se demonstraram significativas para os modelos de predição

- [1] N. C. Zaniboni, “A inadimplência do sistema financeiro no Brasil explicada por meio de fatores macroeconômicos”, tese de doutoramento, Universidade de São Paulo, 2013.
- [2] S. Taghiyeh, D. C. Lengacher e R. B. Handfield, “Loss rate forecasting framework based on macroeconomic changes: Application to US credit card industry”, *Expert Systems with Applications*, vol. 165, p. 113 954, 2021.

Obrigado