### **1. Análise com Dados Transacionais Simulados**

Considerando que o perfil dos clientes na amostra é semelhante, a média das quantias nas transações é de aproximadamente R$ 3.106,87, enquanto o desvio padrão é de R$ 4.823,95. Dessa forma, foi estabelecido que transações superiores a R$ 9.647,90 (duas vezes o valor do desvio padrão) devem ser consideradas suspeitas. Tais transações exigem a aplicação de uma *flag* para que sejam submetidas a diligências adicionais e monitoramento, com o objetivo de identificar e mitigar riscos elevados, transformando-os em riscos mais baixos.

No primeiro trimestre de 2021, 70,1% das transações, consideradas normais, totalizaram:

* Janeiro: R$ 341 mil
* Fevereiro: R$ 306 mil
* Março: R$ 311 mil

Já as transações suspeitas, que representam 29,9%, somaram:

* Janeiro: R$ 66 mil
* Fevereiro: R$ 19,4 milhões
* Março: R$ 8,7 milhões

Nessa análise, as transações suspeitas estão **concentradas** no **método de pagamento em crédito**, com maior frequência em pagamentos **com cartões físicos.**

### **2. Interpretação e Explicabilidade do Modelo de Machine Learning**

Machine Learning é uma técnica que permite que computadores aprendam com dados, sem serem explicitamente programados para cada tarefa. Em um cenário de combate à lavagem de dinheiro, podemos utilizar ML para analisar **grandes volumes de transações financeiras** e **identificar padrões** que poderiam ser indicativos de atividades suspeitas como:

* Transações incomuns;
* Transferências entre contas não relacionadas;
* Quantias altas em momentos específicos.

Uma ferramenta que pode ser utilizada para explicar um modelo é a **LIME (Local Interpretable Model-agnostic Explanations)**. Ela melhora a eficiência, a transparência e o controle nas investigações, além de otimizar a precisão do modelo com o tempo.

**Como o LIME pode ser útil em casos de lavagem de dinheiro?**

O modelo de ML pode indicar que uma transação é suspeita, mas a equipe precisa saber quais características geram essa conclusão. LIME analisa essas características, como:

* O valo da transação;
* O histórico de transações da conta;
* Padrões de horários;
* Relacionamento entre contas (por exemplo, contas de mesmo titular ou de países de alto risco.)

Nisso, a ferramenta complementa com as características das transações:

* Valor acima do normal;
* Variação de destino de pagamento;
* Taxa de transações altas em curto período de tempo.

Em uma amostra de transação como suspeita, as variáveis “amount” e “payment\_method” têm pesos substanciais para a análise de predição.

* O **valor da transação** foi um dos fatores mais importantes. O modelo considera que, transações com valor acima de 9953.39 são mais propensas a serem suspeitas, contribuindo com 47% para a decisão.
* O **método de pagamento** também tem grande peso, com 42% de contribuição. Isso pode indicar que certos métodos de pagamento são mais frequentemente associados a transações suspeitas.

Em suma, o modelo de machine learning pode ajudar a detectar padrões de lavagem de dinheiro automaticamente e o LIME ajuda a explicar o porquê da identificação suspeita, facilitando a interpretação da equipe de compliance.

### **3. Escolha de Métricas de Avaliação para Classificação de Risco**

**Entendimento do Contexto**

* O modelo está classificado transações como **suspeitas de fraude** (classe positiva) ou **não suspeitas** (classe negativa).
* No contexto de **fraude**, minimizamos
  + **falsos positivos** (classificar erroneamente uma transação legítima como fraude) e;
  + **falsos negativos** (não identificar uma fraude real).

**Métricas de Avaliação Relevantes**

Com base nesse contexto, as métricas mais relevantes são:

(Legenda)

* **TP** (Verdadeiro Positivo): Fraudes corretamente identificadas.
* **TN** (Verdadeiro Negativo): Transações não fraudulentas corretamente identificadas.
* **FP** (Falso Positivo): Transações não fraudulentas incorretamente identificadas como fraude.
* **FN** (Falso Negativo): Fraudes não identificadas corretamente.

**Precisão**

* **Definição:** A precisão mede a proporção de **transações classificadas como fraudulentas que realmente são fraudulentas**.

**Fórmula:** Precisão = TP/TP+FP

**Justificativa:** A precisão é importante quando o custo de falsos positivos é alto. No caso de fraude, um falso positivo (transação legítima marcada como fraude) pode levar a ações desnecessárias e desconforto para o cliente. Um modelo com alta precisão reduz esse risco.

**Recall (Sensibilidade ou Taxa de Verdadeiros Positivos)**

* **Definição:** O recall mede a proporção de transações fraudulentas que foram corretamente identificadas pelo modelo.
* **Fórmula:** Recall= TP/TP+FN​
* **Justificativa:** O recall é crucial quando o custo de falsos negativos é alto. No caso de fraude, um falso negativo (fraude não detectada) pode resultar em grandes perdas financeiras ou danos à reputação da instituição. Ter um modelo com alto recall é essencial para garantir que a maioria das fraudes seja identificada.

**F1-Score**

* **Definição:** O F1-score é a média harmônica entre a precisão e o recall. Ele combina as duas métricas em um único número, equilibrando tanto os falsos positivos quanto os falsos negativos.
* **Fórmula:** F1 = 2x (Precisão x Recall / Precisão + Recall)
* **Justificativa:** O F1-score é útil quando há necessidade de um equilíbrio entre precisão e recall, como no caso de fraudes, onde tanto os falsos positivos quanto os falsos negativos precisam ser minimizados. Ele oferece uma métrica única que reflete o desempenho geral do modelo.

### **4. Simulação de Relatório de Atividades Suspeitas (SAR)**

**Relatório de Atividade Suspeita (SAR)**

**Data do Relatório**: 08 de dezembro de 2024  
**Nome do Analista**: George Feitosa  
**Departamento**: Compliance

**Informações Gerais da Transação**

* **ID da Transação**: 125143
* **Data e Hora da Transação**: 16 de fevereiro de 2021, às 14:19
* **Valor da Transação**: $ 9.998,24
* **Método de Pagamento**: Pagamento com cartão de Crédito
* **Contas Envolvidas**:
  + **Número de Cartão**: 509063\*\*\*\*\*\*2012

**2. Descrição da Transação Suspeita**

A transação em questão foi uma compra no crédito de $ 9.998,24 realizada de uma conta de origem em nome de um indivíduo que, com base na análise preliminar, não parece ter uma relação clara com o valor ou a natureza da transação.

**3. Motivo da Suspeita**

A transação foi identificada como suspeita devido aos seguintes fatores:

* **Valor elevado**: A transferência de $ 9.998,24 é significativamente superior ao histórico de transações do cliente, que normalmente realiza transações no valor médio de $ 244,58.
* **Padrão de comportamento incomum**: O cliente realizou um único pagamento, de valor expressivamente mais alto, para uma conta de destino que não consta como beneficiária recorrente nas transações anteriores.
* **Origem da conta**: A conta de origem foi aberta há menos de dois meses, e o cliente tem pouco histórico de movimentação financeira.
* **Conta de Destino**: A conta de destino pertence a uma pessoa física, mas o endereço e as informações cadastrais associadas à conta de destino não correspondem a um padrão de clientes típicos da plataforma.
* **Suspensão de Comunicação**: O cliente não respondeu aos nossos esforços de contato para esclarecimento da transação.

**4. Análise Contextual e Circunstancial**

O comportamento da transação foge ao padrão do cliente e da plataforma. A conta de origem foi aberta de forma recente, sem histórico substancial de transações, e a movimentação financeira realizada foi de um valor elevado e em um único pagamento para um destinatário desconhecido. Esse tipo de transação é frequentemente associado a tentativas de lavagem de dinheiro ou financiamento de atividades ilícitas, sendo, portanto, necessário que a transação seja investigada mais a fundo.

**5. Medidas Tomadas**

* **Congelamento da Transação**: A transação foi imediatamente interrompida e os fundos foram bloqueados enquanto aguardam uma investigação mais aprofundada.
* **Contatos com o Cliente**: Foram feitos esforços para entrar em contato com o cliente a fim de obter mais informações sobre a origem e a finalidade da transação. Até o momento, não houve resposta.
* **Análise de Risco**: A transação foi submetida à equipe de compliance para análise de risco detalhada.

**6. Ações Recomendadas**

* **Investigar a conta de destino**: Verificar se a conta de destino está associada a qualquer outra atividade suspeita ou criminosa.
* **Solicitar informações adicionais ao cliente**: Continuar tentando obter informações mais detalhadas sobre o motivo da transação e a relação do cliente com a conta de destino.
* **Relatar ao COAF (Conselho de Controle de Atividades Financeiras)**: Submeter o caso à autoridade regulatória para investigação adicional sobre possíveis atividades de lavagem de dinheiro ou financiamento ao terrorismo.

**7. Conclusão**

Dado o alto valor da transação, o comportamento anômalo do cliente, e a falta de informações claras sobre o destino dos fundos, a transação será considerada suspeita até que se obtenham esclarecimentos. Recomendamos que a investigação continue e que a transação seja formalmente reportada ao COAF.