



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS DE RIBEIRÃO PRETO
DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO E MATEMÁTICA

Lucas Silva Costa

Criação de modelos probabilísticos para mercado financeiro

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS DE RIBEIRÃO PRETO
DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO E MATEMÁTICA

Lucas Silva Costa

Criação de modelos probabilísticos para mercado financeiro

Supervisor: Helena Braga Lopes Ebert

Resumo

Este estudo apresenta um material didático desenvolvido para abordar modelos de investimento no mercado financeiro, com foco na metodologia proposta por Robert Pardo. Reconhecido como pioneiro na introdução do conceito de Walk Forward Analysis (WFA), Pardo estabeleceu uma abordagem sistemática para testar a robustez e a confiabilidade de modelos de investimento.

O conteúdo foi estruturado para oferecer uma introdução conceitual, nivelando os conhecimentos necessários para o entendimento das etapas fundamentais do WFA. A abordagem técnica compreendeu:

1. **Conceituação Teórica:** Definição dos princípios básicos do WFA e sua relevância para a validação de modelos de investimento.
2. **Estrutura e Metodologia:** Explicação detalhada do funcionamento do WFA, incluindo a segmentação temporal dos dados, otimização sequencial e validação cruzada.
3. **Análise de Robustez:** Técnicas para avaliar a resiliência dos modelos frente a variações paramétricas e condições de mercado.
4. **Métricas de Desempenho:** Discussão sobre os indicadores utilizados para mensurar a eficácia dos modelos, como retorno ajustado ao risco, estabilidade e adaptabilidade.

Para complementar a abordagem teórica, foi incluída uma seção prática, onde os conceitos foram aplicados em exemplos reais, permitindo a análise e interpretação dos resultados obtidos. O material, portanto, busca fornecer uma visão abrangente e fundamentada sobre a utilização do Walk Forward Analysis como ferramenta essencial na construção e validação de estratégias financeiras robustas.

1. Introdução

O mercado financeiro é caracterizado por sua complexidade e ampla diversidade de áreas de atuação, abrangendo funções como especialistas em investimentos, gestores de fundos, analistas de risco e quantitativos. Dentro desse cenário, a modelagem probabilística desempenha um papel fundamental, possibilitando a criação de estratégias sistemáticas de investimento.

Este estudo apresenta uma abordagem abrangente sobre a metodologia **Walk Forward Analysis (WFA)**, amplamente empregada por fundos quantitativos para validação e robustez de modelos de investimento. Inicialmente, são introduzidos conceitos básicos do mercado financeiro, necessários para compreender o contexto em que o WFA é aplicado.

Em seguida, são detalhados os passos metodológicos do WFA, destacando sua importância para a construção de estratégias robustas e adaptáveis. O objetivo principal é oferecer uma visão geral e prática de uma técnica consagrada por investidores renomados, promovendo sua aplicação em um formato didático e compreensível.

2. Tópicos do curso:

O estudo foi organizado em torno de 13 tópicos fundamentais que abrangem desde a introdução ao mercado financeiro até a aplicação prática da metodologia **Walk Forward Analysis (WFA)**. Cada tópico foi cuidadosamente elaborado para fornecer um entendimento progressivo e estruturado dos conceitos essenciais, conforme descrito abaixo:

- **Introdução sobre o mercado de capitais:** Apresentação dos principais ativos financeiros, destacando sua relevância no mercado de capitais.
- **Grandes matemáticos:** Exposição de histórias de matemáticos que desenvolveram estratégias quantitativas e obtiveram resultados extraordinários em fundos de investimento.
- **Dados, o novo ouro:** Análise sobre a importância dos dados na modelagem financeira e o impacto da quantidade e qualidade dos dados no processo de criação e validação de modelos.
- **Teste A/B:** Introdução ao conceito de Teste A/B, uma técnica crucial para a validação comparativa de modelos.
- **Overfitting:** Discussão sobre o fenômeno do overfitting, que ocorre quando o modelo apresenta excelente desempenho nos dados de treinamento, mas falha ao generalizar para novos dados.

- **Otimização:** Exploração do processo de parametrização de modelos, incluindo ajustes de pontos de entrada e saída, identificação de tendências e reversões de mercado.
- **Método de Robert Pardo:** Apresentação detalhada dos conceitos e princípios da metodologia WFA, incluindo sua aplicação prática.
- **Movimentos do mercado:** Explicação dos conceitos de “Trend Following” (seguindo a tendência) e “Mean Reversion” (retorno à média), como fundamentos de estratégias financeiras.
- **Processo de criação de um modelo:** Descrição das etapas fundamentais para desenvolver um modelo, que incluem conceito, descrição, testes de eficiência e avaliação.
 - **Conceito:** Apresentação de um exemplo de conceito que será utilizado no processo de criação do modelo.
 - **Descrição:** Detalhamento das regras operacionais do modelo, como critérios de entrada e saída para operações financeiras.
- **Métricas:** Introdução às métricas de avaliação de desempenho, como fator de recuperação, fator de lucro, drawdown, e quantidade de operações.
- **Teste de eficiência:** Estudo do **Walk Forward Efficiency (WFE)**, uma métrica central na avaliação de robustez segundo a metodologia de Pardo.
- **Avaliação:** Discussão sobre a análise de modelos financeiros, focando em indicadores como risco/retorno, desempenho futuro esperado e métricas de eficiência.
- **Da ideia ao mundo real:** Aplicação prática das ideias apresentadas, culminando no desenvolvimento de um modelo probabilístico completo.

Este conjunto de tópicos foi projetado para oferecer uma visão abrangente e prática das etapas envolvidas na construção e validação de modelos quantitativos, utilizando a metodologia WFA como eixo central.

3. Desenvolvimento:

3.1 Introdução sobre o mercado de capitais:

O mercado de capitais compreende a negociação de diversos instrumentos financeiros, distribuídos entre prazos de curto, médio e longo prazo. Ele é composto, principalmente, pelo **Mercado de Ações** e pelo **Mercado de Títulos**, que desempenham papéis complementares no sistema financeiro.

- **Mercado de Ações:** Este segmento é responsável pela emissão e negociação de ações, possibilitando que empresas levanten capital ao vender participações acionárias para investidores. A abertura de capital (IPO) marca a entrada de uma empresa na bolsa de valores, permitindo a negociação pública de suas ações.

Após o IPO, os investidores podem comprar ou vender ações livremente, ajustando suas participações conforme estratégias individuais.

- **Mercado de Títulos:** Abrange a negociação de instrumentos de dívida, como títulos públicos, debêntures, Certificados de Recebíveis Imobiliários (CRI), Certificados de Recebíveis do Agronegócio (CRA), entre outros. Esses títulos representam empréstimos concedidos por investidores às partes emissoras, como governos ou empresas, em troca de pagamentos de juros e/ou devolução do capital no vencimento.

Ambos os mercados desempenham um papel essencial na alocação de recursos, permitindo o financiamento de empresas e governos, bem como a diversificação de investimentos para os agentes participantes.

3.2 Grandes matemáticos:

O impacto de contribuições matemáticas no mercado financeiro é exemplificado pelo trabalho de figuras notáveis como **Jim Simons** e **Edward Thorp**, que revolucionaram as estratégias de investimento por meio de modelos quantitativos inovadores.

- **Jim Simons:** Fundador do **Medallion Fund**, considerado o fundo de investimento mais rentável da história, com um retorno médio anual de 39,70%. Simons utilizou técnicas avançadas de modelagem matemática e análise de dados para desenvolver estratégias de investimento baseadas em padrões estatísticos e algoritmos de previsão, transformando o Medallion Fund em referência mundial para fundos quantitativos.
- **Edward Thorp:** Reconhecido por suas contribuições pioneiras no uso da matemática aplicada, Thorp desenvolveu o método de contagem de cartas no jogo Blackjack, tornando-se precursor em modelagem de probabilidades. Ele também utilizou o modelo **Black-Scholes** para precificação de opções antes de sua divulgação pública, criando estratégias de hedge financeiro sem risco de perda. Thorp fundou o fundo de investimentos **Princeton Newport Partners**, que apresentou um retorno médio anual de 14,42%, destacando-se pela consistência de seus resultados.

Ambos os matemáticos demonstraram como a aplicação rigorosa de princípios matemáticos pode gerar estratégias de investimento altamente lucrativas e inovadoras, influenciando profundamente a evolução do mercado financeiro.

3.3 Dados o novo ouro:

A expressão "dados são o novo ouro" reflete a crescente importância dos dados como um recurso estratégico na economia moderna, comparável ao papel histórico do ouro. Sua relevância decorre da capacidade de transformar grandes volumes de informações brutas em insights valiosos, que fundamentam decisões e impulsionam inovações. A utilidade dos dados reside na possibilidade de convertê-los em informações acionáveis, conferindo vantagens competitivas significativas a organizações que dominam sua coleta, processamento e análise. As principais aplicações dos dados incluem:

- Tomada de decisões analíticas: Suporte a decisões baseadas em evidências e análises quantitativas.
- Personalização de serviços: Adequação de produtos e serviços às preferências específicas de usuários ou clientes.
- Criação de produtos e serviços inovadores: Desenvolvimento de soluções baseadas em padrões identificados por meio da análise de dados.

3.4 Teste A/B:

O **Teste A/B** é uma técnica fundamental para avaliar a estabilidade e a generalização de modelos. Ele consiste em dividir o conjunto de dados em dois subconjuntos principais:

- **A (Dados de treinamento):** Utilizados para treinar o modelo, ajustando seus parâmetros às características observadas.
- **B (Dados de teste):** Utilizados para avaliar o desempenho do modelo em dados inéditos, verificando sua capacidade de generalização.

Entre as vantagens do Teste A/B estão:

- **Estabilidade em dados desconhecidos:** Avaliação da robustez do modelo em cenários fora do conjunto de treinamento.
- **Simplicidade de implementação:** Processo direto e amplamente aplicável a diferentes contextos.
- **Consistência nos resultados:** Quando bem aplicado, ajuda a desenvolver modelos mais confiáveis e estáveis.

A proporção de divisão entre os dados de treinamento e teste pode variar conforme a disponibilidade de dados, sendo comumente utilizadas proporções como 50%/50%, 60%/40% e 70%/30%. Em casos de menor disponibilidade de dados, é recomendável

aumentar a parcela destinada ao treinamento para evitar subdimensionamento do modelo. Na imagem, temos um exemplo da divisão do teste A/B:



3.5 Overfitting:

O **overfitting** (ou sobreajuste) é um problema que ocorre quando um modelo se ajusta excessivamente aos dados de treinamento, capturando não apenas os padrões gerais, mas também os ruídos ou variações específicas desses dados. Como consequência, o modelo apresenta desempenho superior nos dados de treinamento, mas falha em generalizar quando aplicado a novos dados de teste.

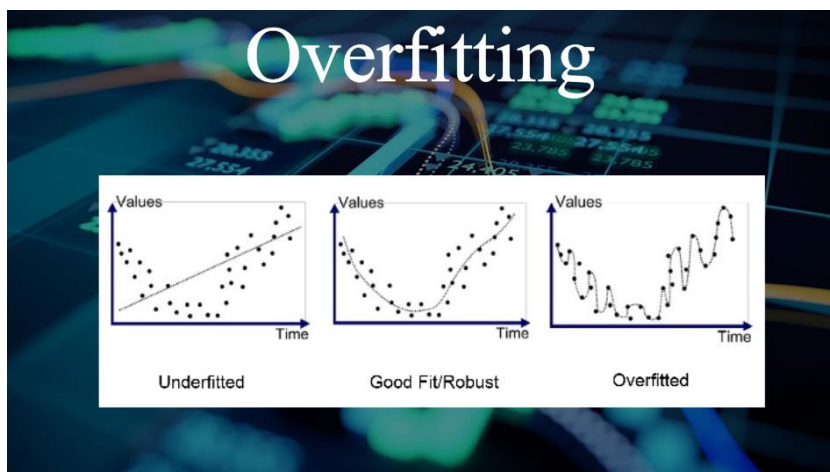
Principais causas do overfitting:

1. **Complexidade excessiva do modelo:** Modelos com muitos parâmetros ou alta capacidade de ajuste tendem a capturar padrões espúrios nos dados de treinamento.
2. **Quantidade insuficiente de dados:** A falta de um volume representativo de dados reduz a capacidade de o modelo aprender padrões generalizáveis.
3. **Dados de qualidade inadequada:** Dados ruidosos ou inconsistentes podem induzir o modelo a identificar padrões irrelevantes.

Soluções para evitar overfitting:

- **Simplificação do modelo:** Reduzir a complexidade, ajustando o número de parâmetros ou a arquitetura utilizada.
- **Aumento do conjunto de dados:** Incorporar mais dados para melhorar a representatividade.
- **Validação cruzada:** Utilizar métodos como o cross-validation para avaliar a estabilidade do modelo.

Na imagem abaixo temos um exemplo que expressa de maneira clara a diferença entre um bom modelo (Good Fit / Robust) e um modelo com Overfitting.



3.6 Otimização:

O processo de otimização é uma etapa crucial na criação de modelos quantitativos, com o objetivo de identificar os parâmetros que proporcionam os melhores resultados. Esses resultados podem ser avaliados sob diferentes perspectivas, como maximização de retorno financeiro, melhoria da relação risco/retorno (por meio de métricas como o fator de recuperação) ou outras métricas de desempenho relevantes.

Etapas do processo de otimização:

1. **Definição da função objetivo:** O primeiro passo é determinar a métrica que será utilizada como referência para avaliar os resultados do modelo. A função objetivo deve refletir os objetivos específicos da estratégia, como maximizar lucros, minimizar riscos ou otimizar a eficiência.
2. **Seleção de parâmetros para otimização:** Em seguida, define-se o conjunto de parâmetros a ser ajustado. Segundo Robert Pardo, autor da metodologia **Walk Forward Analysis (WFA)**, a quantidade de parâmetros a ser otimizada deve ser limitada, para reduzir o risco de overfitting.
3. **Execução do processo de otimização:** A otimização é realizada testando diferentes combinações de parâmetros dentro do espaço definido, buscando os valores que maximizem a função objetivo.

Se o processo de otimização resultar em métricas consistentes e positivas, isso pode indicar a viabilidade da estratégia para futuros cenários de mercado. Contudo, os resultados devem ser avaliados com cautela, considerando a robustez do modelo em dados desconhecidos e os possíveis riscos de sobreajuste aos dados de treinamento.

A otimização eficiente contribui significativamente para a criação de estratégias robustas, desde que conduzida com critérios rigorosos e um foco claro na generalização dos resultados.

3.7 Método de Robert Pardo:

A **metodologia Walk Forward Analysis (WFA)**, desenvolvida por Robert Pardo, é uma abordagem rigorosa para testar a robustez e a eficácia de modelos quantitativos. O método consiste em dividir os dados históricos em múltiplos períodos sequenciais, permitindo otimizar o modelo em conjuntos de treinamento e avaliá-lo em conjuntos de teste de maneira controlada.

Estruturação dos dados:

O WFA propõe uma divisão típica dos dados, com **75% destinados ao treinamento** e **25% ao teste**. Por exemplo, considerando um período de quatro anos:

- **Dados de treinamento:** 2018, 2019 e 2020.
- **Dados de teste:** 2021.

Após a otimização do modelo nos dados de treinamento, as métricas de desempenho são calculadas no conjunto de teste, sendo o **resultado financeiro mensal médio** uma das métricas mais relevantes. Sendo o processo como na imagem abaixo:



Onde são utilizados 3 anos (2018, 2019, 2020) como treinamento para o modelo e 1 ano (2021) para teste. E nesse momento são obtidas as métricas, sendo a mais importante delas o resultado financeiro mensal médio.

O **Walk Forward Efficiency (WFE)** é uma métrica derivada que compara o desempenho do modelo nos períodos de treinamento e teste. Ele é calculado dividindo o resultado financeiro mensal médio obtido no período de teste pelo resultado mensal médio do treinamento.

O valor do WFE fornece uma indicação clara da eficiência do modelo em generalizar os padrões aprendidos durante o treinamento para novos dados, como na imagem abaixo:



Treinamento	Teste	WFE
10.000	9.000	90%
30.000	3.000	10%
22.000	11.000	50%

O processo WFA, aliado ao cálculo do WFE, ajuda a validar a robustez de estratégias quantitativas, identificando se o modelo é capaz de manter desempenho consistente em cenários futuros. Essa metodologia é amplamente reconhecida por seu rigor e é essencial para a construção de modelos confiáveis no mercado financeiro.

3.8 Movimentos do mercado:

No mercado financeiro, os dois principais padrões de movimentação dos preços dos ativos são denominados **Trend Following** (Seguir a Tendência) e **Mean Return** (Retorno à Média). Esses movimentos refletem comportamentos distintos, amplamente estudados e utilizados em estratégias quantitativas.

Trend Following (Seguindo a Tendência):

Esse movimento ocorre quando o mercado apresenta uma variação contínua e consistente em uma única direção. O objetivo de estratégias baseadas em **Trend Following** é capturar ganhos ao identificar e seguir essas tendências, mantendo posições enquanto a direção predominante do mercado permanece inalterada.

Mean Return (Retorno à Média):

O **Mean Return** ocorre quando os preços retornam a um valor médio ou equilibrado após movimentos extremos. Estratégias baseadas em **Mean Return** buscam explorar oportunidades de reversão, assumindo que desvios significativos dos preços em relação à média tendem a ser temporários.

3.9 Processo de criação de um modelo:

Apresentando os 4 passos de criação do modelo, sendo eles: “Conceito”, “Descrição”, “Testes de eficiência” e “Avaliação”;

3.10 Conceito:

A **etapa de Conceito** é o ponto de partida no desenvolvimento de qualquer modelo probabilístico. Ela define a **premissa inicial** do modelo, com base em eventos observados nos dados históricos, que indicam momentos propensos a gerar sinais de compra ou venda.

O **conceito** serve como a fundação para o modelo, determinando a lógica subjacente sobre quando entrar (comprar) ou sair (vender) de uma posição. Esse passo deve ser bem fundamentado, considerando as condições do mercado e o comportamento histórico dos ativos.

3.11 Descrição:

A etapa de **Descrição** visa detalhar as funções operacionais do modelo, especificando as regras claras para a execução das operações de compra e venda. Esse passo define de forma precisa os pontos de entrada e saída, permitindo que o modelo seja programado e testado de forma objetiva.

Durante essa etapa, as condições de compra e venda devem ser formuladas de maneira que possibilite a execução de **testes e otimização** dos parâmetros, buscando sempre o melhor desempenho do modelo. A descrição inclui:

- **Ponto de entrada:** Quando o modelo identificará uma oportunidade para iniciar uma operação (ex: comprar).
- **Ponto de saída:** Quais são as condições para encerrar a operação (ex: vender), seja por realização de lucro ou limitação de perdas.

Exemplo de uma descrição de modelo de compra:

- **Entrada:** O modelo entra na operação após **X dias consecutivos de queda** no preço do ativo.
- **Saída:** A operação é encerrada ao atingir um **lucro de Y%** ou um **prejuízo de Z%**.

Neste exemplo, **X, Y e Z** são parâmetros que devem ser ajustados durante o processo de **otimização**. O objetivo da descrição é fornecer um conjunto de regras claras e mensuráveis, permitindo que o modelo seja validado em diversas condições de mercado e possa ser ajustado para otimizar seus resultados.

3.12 Métricas:

A avaliação de um modelo quantitativo é feita por meio de métricas específicas que medem tanto o desempenho financeiro quanto o risco. As principais métricas utilizadas para essa avaliação incluem:

Drawdown: é uma métrica crítica utilizada para medir a perda de valor de um portfólio ou modelo em relação ao seu ponto mais alto histórico. Ele é calculado como a diferença entre o **topo histórico** do capital e o **vale** imediatamente seguinte, antes de o capital atingir um novo topo.

- **Exemplo:** Se o topo histórico do capital for de 1.000 e o vale subsequente for 800, o drawdown será de **200**.

Na imagem, o topo histórico está representado em azul, o vale pós-topo histórico em vermelho, e a diferença entre o topo e o vale em laranja, ilustrando o valor do drawdown.



A **quantidade de operações** refere-se ao número de transações realizadas durante o período de análise, e é calculada com base na quantidade de vezes que o padrão de entrada (compra ou venda) foi identificado e executado no modelo.

Essa métrica ajuda a entender o volume de operações do modelo e pode ser importante para avaliar a sua frequência e o impacto das transações sobre o desempenho geral.

O **fator de recuperação** é uma métrica de **risco-retorno** fundamental para a avaliação de um modelo. Ele é calculado dividindo o **lucro líquido total** pelo **maior drawdown**. Quanto maior o fator de recuperação, melhor a relação entre os lucros obtidos e os riscos assumidos pelo modelo.

O **fator de lucro** mede a **eficiência** do sistema em termos financeiros, avaliando a relação entre os **lucros brutos** e as **perdas brutas**. Ele é calculado dividindo o lucro bruto total pela perda bruta total. Um fator de lucro superior a 1 indica que o modelo gera mais lucros do que perdas.

Essas métricas são essenciais para a análise do desempenho de um modelo e para a tomada de decisões sobre ajustes e otimizações. Elas fornecem uma visão detalhada do risco, da eficiência e da estabilidade de um modelo de investimentos.

3.13 Teste de eficiência:

A validação de um modelo de investimentos, para garantir que ele tem potencial para manter sua performance e resultados futuros, é fundamental. Para isso, Robert Pardo propôs a metodologia **Walk Forward Analysis (WFA)**, que visa testar a robustez

do modelo ao ser aplicado em diferentes períodos. O **Walk Forward Efficiency (WFE)**, por sua vez, é a métrica calculada a partir dessa análise, e serve para avaliar se o modelo é eficaz em dados futuros não vistos durante o treinamento.

O processo de **Walk Forward Analysis (WFA)** envolve a otimização do modelo em um conjunto inicial de dados de treinamento e, em seguida, a aplicação dos parâmetros otimizados em um intervalo de dados de teste futuro. Esse processo é repetido de forma iterativa, movendo a janela de dados para treinar e testar o modelo em diferentes períodos.

1. **Primeiro Passo:** O modelo é treinado utilizando **75% dos dados** disponíveis (dados de treinamento) e testado nos **25% restantes** (dados de teste).
2. **Segundo Passo:** Após o primeiro teste, a janela de dados é movida para frente, com novos períodos de treinamento e teste sendo aplicados. Esse processo é repetido ao longo de todo o conjunto de dados, permitindo avaliar o desempenho do modelo em múltiplos intervalos temporais.

A **imagem** ilustra claramente a execução do WFA, onde os **blocos amarelos** representam os períodos utilizados para **treinamento** e os **blocos verdes** representam os períodos utilizados para **teste**.



Após a execução do **Walk Forward Analysis**, o **Walk Forward Efficiency (WFE)** é calculado para avaliar a eficiência do modelo ao longo dos intervalos de teste. O WFE é obtido dividindo o **resultado médio mensal do treinamento** pelo **resultado médio mensal do teste**. O WFE fornece uma medida de como o modelo se comporta em dados futuros, comparando seu desempenho durante a fase de treinamento com seu desempenho durante a fase de teste.

Na **imagem** abaixo, vemos um exemplo da comparação entre o resultado mensal médio do teste e o resultado mensal médio do treinamento. Essa relação gera o valor do **Walk Forward Efficiency (WFE)** para cada intervalo de teste.



Treinamento	Teste	WFE
10.000	9.000	90%
30.000	3.000	10%
22.000	11.000	50%

Após calcular o WFE para cada intervalo de teste, o **valor médio** de todos os WFE obtidos é calculado. Esse valor médio serve como a principal métrica para avaliar a eficácia do modelo. Em muitos casos, um **WFE médio de 50%** é considerado um valor razoável, indicando que o modelo tem uma chance de manter sua performance a longo prazo.

Essa metodologia de validação é essencial para garantir que o modelo não seja **overfitted** aos dados de treinamento, e que ele tenha capacidade de generalizar e fornecer resultados consistentes quando aplicado a novos dados no futuro.

3.14 Avaliação:

A avaliação dos resultados de um modelo é uma das etapas cruciais no processo de validação de sua eficácia. Para garantir que o modelo tenha real potencial de gerar resultados consistentes e robustos, é necessário aplicar critérios objetivos e métricas claras.

O critério principal utilizado por Robert Pardo na avaliação do modelo é o **Walk Forward Efficiency (WFE)**. A partir da análise dos WFE obtidos em cada intervalo de teste, a **média** dos WFE deve ser **superior ou igual a 50%** para considerar que o modelo é eficaz. Além disso, pelo menos **70% dos intervalos de teste** devem apresentar **WFE positivos**, indicando que a maioria dos testes mostra que o modelo tem potencial de gerar resultados consistentes.

Outro critério importante na avaliação do modelo é a **quantidade de operações realizadas**. Após a validação do WFE, deve-se analisar quantas operações o modelo

realizou durante o período de treinamento e teste. Robert Pardo sugere que **modelos com menos de 30 operações** sejam descartados, pois esse número baixo de operações pode indicar que o modelo está subajustado aos dados ou que não tem uma quantidade suficiente de eventos para ser considerado robusto.

Além do WFE, duas métricas importantes para a avaliação do desempenho do modelo são o **fator de recuperação** e o **fator de lucro**. O **fator de recuperação** é utilizado para avaliar o risco-retorno do modelo, sendo que quanto maior for o fator de recuperação, melhor será o equilíbrio entre o risco e o retorno da estratégia. Quando comparamos modelos com WFE semelhantes, o modelo com o maior **fator de recuperação** deve ser preferido, pois ele indicará que a estratégia tem uma melhor capacidade de se recuperar de períodos de perdas.

No caso de fatores de recuperação semelhantes entre diferentes modelos, o **fator de lucro** é utilizado como critério adicional. O fator de lucro é calculado pela razão entre o **lucro bruto** e o **prejuízo bruto**. Um modelo com um fator de lucro maior indica que, no passado, ele teve um lucro bruto mais expressivo em comparação com os prejuízos, o que sugere que o modelo tem menor risco de ter grandes períodos de perdas no futuro.

4. Conclusão:

A elaboração deste estudo proporcionou uma valiosa oportunidade de aprofundar os conhecimentos na criação e validação de modelos probabilísticos aplicados ao mercado financeiro. O conteúdo extraído do trabalho de Robert Pardo revelou-se uma fonte rica de informações, abrangendo desde conceitos introdutórios até os detalhes dos processos de validação necessários para garantir a eficácia dos modelos de investimentos.

O foco principal deste estudo foi apresentar de maneira clara e objetiva o processo de construção de modelos aplicados aos ativos financeiros, detalhando as etapas envolvidas e enfatizando os conceitos fundamentais que sustentam a metodologia de Pardo. A intenção foi proporcionar uma compreensão sólida das técnicas de modelagem e validação de modelos de investimento, alinhando teoria e prática de forma acessível.

Os conhecimentos adquiridos no curso de Matemática Aplicada a Negócios desempenharam um papel essencial na realização deste estudo. As áreas de estatística, análise de dados, criação de modelos econométricos e os conceitos fundamentais sobre o mercado financeiro foram fundamentais para compreender o conteúdo do trabalho de Robert Pardo, além de ser indispensáveis para desenvolver uma análise detalhada e precisa sobre a metodologia proposta.

Além disso, a experiência de explorar como matemáticos de destaque alcançaram sucesso no mercado financeiro utilizando modelos matemáticos foi extremamente enriquecedora. Este estudo destacou a importância da aplicação da matemática no campo financeiro, oferecendo insights valiosos para a compreensão de como esses modelos podem ser utilizados para tomar decisões informadas em um ambiente dinâmico e desafiador.

Referências Bibliográficas

Pardo, Robert, The Evaluation and Optimization of Trading Strategies. 2º Edição. John Wiley & Sons, 01/02/2008