



Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

**APLICAÇÃO DOS FRACTAIS
AO MERCADO DE CAPITAIS
UTILIZANDO-SE AS ELLIOTT WAVES**

Dissertação de Mestrado

André Daniel Hayashi

Florianópolis

2002

André Daniel Hayashi

**APLICAÇÃO DOS FRACTAIS
AO MERCADO DE CAPITAIS
UTILIZANDO-SE AS ELLIOTT WAVES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, Área de concentração Mídia em Conhecimento - ênfase em Tecnologia Educacional.

Orientadora: Prof^ª Christianne Coelho de Souza Reinisch Coelho, Dr^ª

Florianópolis, abril de 2002

André Daniel Hayashi

**APLICAÇÃO DOS FRACTAIS
AO MERCADO DE CAPITAIS
UTILIZANDO-SE AS ELLIOTT WAVES**

Esta dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - Área de Concentração: Mídia e Conhecimento - ênfase em Tecnologia Educacional da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 11 de abril de 2002.

Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

Banca examinadora:

Prof^a Christianne Coelho de Souza Reinisch Coelho, Dr^a
Orientadora

Prof. Francisco Antônio Pereira Fialho, Dr.

Prof. Luis Alberto Palma e Almeida Pinheiro, Ms.

Prof. Luis Alberto Gomes, Dr.

Prof. Luiz Fernando Gonçalves de Figueiredo, Dr.

Para Alexandra e Luis Henrique, pelo amor incondicional.

Para Luis Pinheiro, um guia nos mercados financeiros, um segundo pai nas horas vagas.

Para Germano Probst, pessoa mais iluminada e carismática da família, exemplo de humildade e sabedoria, sempre ao nosso lado nas decisões mais difíceis.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos	3
1.2 Metodologia	4
1.3 Hipóteses	4
1.4 Justificativa	6
2 BASE TEÓRICA	10
2.1 Teorias do Caos e da Complexidade	10
2.1.1 Termos Científicos de Relevância.....	10
2.1.2 Do Caos aos Fractais.....	15
2.2 Teoria dos Fractais	27
2.2.1 Estrutura Fina.....	30
2.2.2 Auto Similaridade.....	30
2.2.3 Simplicidade da Lei de Formação.....	31
2.2.4 Dimensão Fractal.....	32
2.3 Elliott Waves	35
2.4 Mercados de Capitais	37
2.4.1 Bolsas de Valores.....	37
2.4.2 Bolsas de Mercadorias e Futuros.....	39
2.4.3 Forças que Atuam nos Mercados.....	41
2.4.4 O Comportamento dos Preços.....	46
2.5 Evolução Econômica e a Complexidade	48
3 CONHECIMENTOS APLICADOS	61
3.1 Aplicação dos Fractais nos Mercados Financeiros	61
3.2 O Princípio das Ondas Elliott	69
3.2.1 O modelo das Cinco Ondas.....	69
3.2.2 Os Padrões de Onda.....	71
3.2.3 O Ciclo Completo.....	71

3.2.4	Escalas da Onda.....	72
3.2.5	Exemplo de Construção Fractal	73
3.3	Análise Detalhada das Estruturas ou Padrões de Ondas Elliott	75
3.3.1	O Padrão Impulso	78
3.3.2	Padrões Corretivos.....	84
3.3.3	Combinações entre Correções	88
3.4	Regras Lógicas Pós-construção	91
3.5	Previsões mais Detalhadas.....	97
3.6	Estado da Arte	104
	CONCLUSÕES.....	110
	SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS.....	117
	REFERÊNCIAS	119
	ANEXO 1 - ÍNDICE DA DOW JONES COM OS RESPECTIVOS	
	INDICADORES TÉCNICOS.....	121

RESUMO

HAYASHI, André D. **Aplicação dos fractais ao mercado de capitais utilizando-se as Elliott Waves**. Florianópolis, 2002. 132f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

Esta pesquisa apresenta o método Elliott Waves de previsão dos próximos movimentos de preços no mercado financeiro sob o enfoque da teoria do caos e da complexidade, novas áreas da ciência que procuram entender o que a física newtoniana ainda não conseguiu explicar: o comportamento dos sistemas complexos. A possibilidade de conexão entre os mercados de capitais e as teorias do caos e da complexidade foi motivada pela descoberta do comportamento fractal das séries temporais de preços por Benoit Mandelbrot (1997) e pelos registros de repetições quase perfeitas de padrões fractais nos gráficos históricos de ações e mercadorias referentes à bolsa de valores Nova York e à bolsa de mercadorias de Chicago, feitos por Ralph Nelson Elliott e relatados por Robert Prechter (2000) e Glenn Neely (1990). Como alternativa à tradicional Hipótese dos Mercados Eficientes (HME), que está para a Economia assim como a mecânica de Newton está para a Física, a modelagem matemática através dos fractais produz resultados que acompanham as mudanças reais nos preços de uma maneira mais precisa e explicam o comportamento do mercado nos momentos de maior volatilidade. Enquanto os fractais Elliott baseiam-se em dados históricos para se prever acontecimentos futuros, a HME tem como uma de suas premissas a inexistência de memória nos mercados, ou seja, os preços variam aleatoriamente (distribuição de Gauss) e unicamente em função dos novos eventos econômicos, já que os eventos passados já foram totalmente assimilados pelo mercado e descontados nos preços atuais. A HME não corresponde à realidade dos mercados financeiros, o que foi comprovado por esta dissertação.

Palavras-chave: mercado de capitais; elliott waves; fractais; complexidade.

ABSTRACT

HAYASHI, André D. **Aplicação dos fractais ao mercado de capitais utilizando-se as Elliott Waves**. Florianópolis, 2002. 132f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

This research presents the Elliott Waves principle for financial markets forecasting, under the view of chaos and complexity theories, new scientific fields that try to understand what newtonian physics still can not explain: the complex systems behavior. The possibility of connection between the financial markets and chaos and complexity theories was motivated by Benoit Mandelbrot (1997), the fractal behavior discoverer in the price movements, and by Ralph Nelson Elliott, Robert Prechter (2000) and Glenn Neely (1990), for the record of almost perfect fractal patterns recurrence in stock and commodities charts of NYSE and CBOT. Unlike the Efficient Market Hypothesis (EMH), that is the economic version of the newtonian mechanics, the mathematical modeling with fractals produces results that follow the real price changes more precisely and explain the market behavior in the moments of critical volatility. While Elliott fractals are based on historical data to predict future events, EMH is based on the absence of memory in the markets, i.e., the prices move at random (random walk, Gaussian curve), only as a function of new economics events, and the past events had already been incorporated by the market and discounted on the actual prices. The EMH does not correspond with the market reality, what was confirmed by this dissertation.

Key-words: financial markets; elliott Waves; fractals; complexity.

LISTA DE FIGURAS

1	DIAGRAMA DE FEIGENBAUM E CONJUNTO DE MANDELBROT	12
2	UMA SIMULAÇÃO DO EXPERIMENTO DE LORENZ CARACTERIZANDO O AUMENTO EM CASCATA DO ERRO COM O PASSAR DO TEMPO.	19
3	RODA D'ÁGUA LORENZIANA.....	23
4	PRIMEIRAS ÓRBITAS NO ESPAÇO DE FASE DO SISTEMA DE LORENZ	25
5	ATRATOR ESTRANHO DE LORENZ.....	26
6	A CURVA DE KOCH.....	28
7	FLOCO DE NEVE DE KOCH	29
8	AUTO SIMILARIDADE NA COUVE-FLOR.....	31
9	SAZONALIDADE DE RAÇÃO DE SOJA.....	43
10	DISTRIBUIÇÃO NORMAL E LEPTOCÚRTICA.....	51
11	CURVA DA RENDA EM FUNÇÃO DO PERCENTUAL DE FAMÍLIAS.....	56
12	TRÊS SÉRIES TEMPORAIS DO ÍNDICE S&P 500	59
13	GERADOR DE 3 ONDAS	62
14	OPERAÇÃO UNIFRACTAL PARA MULTIFRACTAL.....	64
15	AUMENTO DA VOLATILIDADE	65
16	DESENHO ANIMADO DE MOVIMENTO BROWNIANO APÓS VÁRIAS INTERPOLAÇÕES	66
17	DESENHO ANIMADO DO MOVIMENTO BROWNIANO PRODUZIDO DE MANEIRA MULTIFRACTAL	67
18	O MODELO BÁSICO	70
19	O CICLO COMPLETO	72
20	EXEMPLO DE CICLO COMPLETO DE ESCALA INTERMEDIATE	74
21	CICLO COMPLETO DE ESCALA CYCLE.....	75
22	DIVISÃO DO DNA NA RAZÃO ÁUREA.....	77
23	EXTENSÕES	79
24	ÍNDICE DOW JONES DE 1920-1974.....	80
25	BULL MARKET TRUNCATION	81
26	REGRA DA SOBREPOSIÇÃO NUM IMPULSO TENDÊNCIA.....	83
27	REGRA DA SOBREPOSIÇÃO NUM IMPULSO TERMINAL	83
28	REQUISITOS DE UMA ESTRUTURA FLAT	85

29	LIMITES DO ZIGZAG	86
30	TRIÂNGULOS.....	87
31	COMBINAÇÃO ENTRE ZIGZAG E FLAT.....	88
32	COMBINAÇÃO DUPLO TRÊS	90
33	PREVISÃO DO ÍNDICE DOW JONES POR GLENN NEELY	91
34	CONFIRMAÇÃO DO TÉRMINO DE UM IMPULSO	93
35	CONFIRMAÇÃO DO TÉRMINO DE UM ZIGZAG OU FLAT.....	95
36	CONFIRMAÇÃO DE TÉRMINO DE UM FLAT.....	96
37	CONFIRMAÇÃO DE UM TRIÂNGULO CONVERGENTE	96
38	VARIAÇÕES DE CORREÇÕES.....	98
39	ELLIOTT WAVE ANALYZER II SOFTWARE	107
40	COMPROVANTE DO RECEBIMENTO DA CARTA COM PROPOSTA DE SERVIÇO FLASH!	108

1 INTRODUÇÃO

A teoria da complexidade, que assume o desafio de abordar de uma maneira muito mais realista os processos dinâmicos complexos, vem fascinando cientistas das mais diversas áreas do conhecimento. Matemática, física, química, biologia, computação, economia, psicologia e antropologia podem ser consideradas as principais, que de maneira transdisciplinar tornam possível a emergência de novas ciências, dentre elas a teoria do caos. Esta transdisciplinaridade possibilitou o aparecimento de novas ferramentas e termos científicos de relevância na atualidade, como dimensão fractal, atratores, efeito borboleta, entre outros.

Fractais são estruturas matemáticas, que se repetem infinitamente quando vistas numa escala cada vez menor. Na década de 1980, Benoit Mandelbrot provou a existência dos fractais em seu livro "*The Fractal Geometry of Nature*". Mandelbrot reconheceu a estrutura fractal em numerosos objetos e formas da natureza. Mais recentemente, Mandelbrot descobriu a possibilidade de modelar o mercado financeiro através dos fractais.

O princípio das ondas Elliott, foi descoberto no final da década de 1920, por Ralph Nelson Elliott. Tal princípio diz que o comportamento social avança e recua em padrões reconhecíveis. Utilizando o mercado de ações como a sua principal ferramenta de pesquisa, Elliott descobriu que o caminho das mudanças nos preços das ações revela um esquema estrutural comparável à simples harmonia encontrada na natureza. Em outras palavras, Elliott reconheceu que o mercado financeiro move-se em ondas. Isto é, move-se em padrões ou ciclos aproximadamente repetitivos, que refletem as ações e emoções humanas causadas por influências externas ou pela psicologia das massas. O fluxo e refluxo do pensamento coletivo segue o mesmo padrão de repetição das ondas do mercado financeiro.

Em parte, Elliott baseou seu trabalho na teoria Dow, que também define o movimento de preços em termos de ondas, mas foi além, descobrindo a natureza fractal dos mercados. Elliott analisou os mercados com maior profundidade, identificando as características específicas de cada padrão de onda e fazendo

previsões detalhadas dos próximos movimentos da bolsa de valores baseadas nos padrões que ele havia previamente encontrado.

Elliott isolou padrões de movimentos, ou ondas, que aparecem nos valores dos preços das ações e que são repetitivos em forma, mas não necessariamente repetitivos no tempo e em amplitude. Ele nomeou, definiu e ilustrou estas ondas. Então, descreveu como estas estruturas se juntam para formar versões maiores dos mesmos padrões, como estes por sua vez se ligam para formar novos modelos, semelhantes aos anteriores só que de maior tamanho, e assim por diante. Isto é o que caracteriza a natureza fractal do princípio de Elliott.

Nos anos 70, o princípio da onda ganhou popularidade através do trabalho de Frost e Prechter. Eles publicaram o livro "*Elliott wave principle, key to stock market profits*" (1978) que se tornou um clássico sobre as ondas Elliott, no qual eles previram, no meio da crise dos anos 70, a grande elevação nas cotações em bolsa nos anos 80. Não só previram corretamente a alta nos mercados, mas Prechter também previu a queda em 1987.

O estudo das ondas Elliott ganhou profundidade e objetividade com o livro "*Mastering the Elliott Wave*", resultado de um exaustivo trabalho de dez anos desenvolvido por Glenn Neely (1990), um experiente analista dos mercados financeiros que catalogou de maneira muito criteriosa e detalhada as características de cada onda e estudou mais a fundo o aparecimento de aglomerados de ondas mais complexos.

Em seu tempo, Elliott demorou anos para detectar os padrões que ele mesmo cunhou no mercado de ações. Paralelamente, baseou também suas previsões de mercado na série matemática dos números de Fibonacci. Todo o seu conhecimento foi publicado em vários livros, que deram os fundamentos para pessoas como Frost, Prechter, Neely e outros analistas produzissem programas em computador para previsões dos próximos movimentos do mercado não só de ações, mas de qualquer mercado de capitais.

É importante destacar que as previsões fornecidas pelos programas de computador não são pontuais, isto é, estão sempre agregadas a uma probabilidade de erro. A preocupação de alguns analistas que elaboram os modelos matemáticos que determinam cada programa é de que se aproximem cada vez mais da perfeição, ou seja, 100% de acerto dos próximos movimentos de qualquer bolsa de valores. Esta dissertação alertará estes analistas que tal façanha é impossível e que a riqueza de possibilidades de mudança no mercado financeiro é a mesma de qualquer sistema complexo da natureza. E as teorias do caos e da complexidade são as mais realistas no estudo dos sistemas da natureza, onde há permissão para o erro e encontram-se sinais para iminentes mudanças.

Pergunta de pesquisa

De que forma as Elliott Waves podem ajudar uma equipe de analistas técnicos a prever os próximos movimentos do mercado financeiro?

1.1 Objetivos

O objetivo da dissertação é mostrar que as teorias do caos e da complexidade são úteis no estudo do comportamento dos preços de ativos nos mercados de capitais. Especificamente, pretende-se mostrar como os fractais e a teoria das Elliott Waves podem auxiliar uma equipe de analistas na previsão de alta ou queda nos mercados financeiros.

É importante deixar claro que as bolsas de valores ou de mercadorias não existem apenas por motivos especulativos. As bolsas de valores são necessárias para que as empresas que vendem ações possam captar recursos e investir em novos projetos e empreendimentos. Ou seja, são imprescindíveis para o crescimento econômico e geração de novos empregos. Os especuladores compram as ações com o intuito que elas valorizem, mas sem eles não haveria liquidez no mercado acionário. As bolsas de mercadorias e futuros existem para proteger os produtores e exportadores (*hedgers*) da oscilação nos preços de suas mercadorias. O risco da oscilação dos

preços é repassado aos especuladores. Até mesmo um simples produtor rural do interior do Estado do Paraná pode se proteger da queda no preço dos grãos, contratando uma cooperativa ou uma corretora que fará em nome do produtor uma operação de *hedging* junto à bolsa de mercadorias de Chicago. Neste contexto, os métodos de previsão dos próximos acontecimentos nas bolsas possibilitam que *hedgers* e especuladores, aconselhados por analistas, assumam posições melhores no mercado financeiro, evitando-se prejuízos sucessivos e queda na liquidez. A liquidez é fundamental para que os mercados exerçam eficazmente as suas principais funções, quais sejam, o crédito às empresas e a proteção à variação dos preços.

1.2 Metodologia

Os trabalhos referentes a esta dissertação podem ser divididos da seguinte maneira:

- Revisão bibliográfica sobre a teoria do caos, a teoria da complexidade e a geometria dos fractais.
- Pesquisa sobre os trabalhos interdisciplinares de Benoit Mandelbrot, Brian Arthur e Edgar Peters que relacionam as teorias previamente pesquisadas com o mercado financeiro.
- Fazer a conexão entre o trabalho de Mandelbrot e as Elliott Waves
- Aprendizado do método de previsão das ondas Elliott, baseando-se nos trabalhos de Robert Prechter e Glenn Neely, com o intuito de se responder à pergunta de pesquisa.

1.3 Hipóteses

Os preços das ações e *commodities* **não** se comportam segundo a Hipótese dos Mercados Eficientes (HME), versão econômica das leis de Newton, segundo a qual:

- a) os investidores reagem à informação assim que é recebida, não esperando que ela se torne uma tendência baseada numa série cumulativa de eventos. A HME não leva em conta a história dos eventos passados para

se projetar os preços futuros, pois num mercado eficiente, todo histórico de fatos já foi assimilado pelo mercado, e apenas fatos novos inesperados podem modificar o rumo dos preços. Não há memória nos mercados eficientes, ou seja, os preços são independentes, levando matemáticos do ramo da estatística a modelá-los como passeios aleatórios (*random walk*), de aspecto parecido ao movimento browniano da física, onde a distribuição de probabilidade dos preços, segundo Adolphe Quetelet (1900), citado por Gleiser (2002), corresponde à curva normal de Gauss.

- b) o agente *homo sapiens* não tem identidade própria, reduzindo-se a *homo economicus*: decisor racional que busca defender seus interesses, utilizando-se de sua capacidade ilimitada de cálculo e de plena informação. Esta hipótese pressupõe que todos têm a mesma capacidade matemática e o mesmo acesso a notícias, ou seja, os investidores são homogêneos.

Esta dissertação baseia-se na hipótese de que o mercado financeiro possui memória, é um sistema complexo adaptativo que, para garantir sua sobrevivência, situa-se na margem entre a ordem e o acaso. Os investidores reagem à informação de forma diferenciada, agindo precipitadamente ou se adaptando à opinião de outros. Quando, a partir de dados passados e constante aprendizagem, forma-se uma mesma opinião (ordem) por parte de uma maioria, tendências de queda ou subida podem impulsionar o mercado para baixo ou para cima respectivamente, não apenas por motivos inesperados (acaso). O resultado disso é que o passeio aleatório referido anteriormente se transforma num passeio aleatório com tendência (enviezado), ou movimento browniano fraccional (Mandelbrot, 1997). Existe uma certa ordem por traz da aparente desordem nos mercados de capitais. O princípio das *Elliott Waves* está de acordo com esta última hipótese, baseada nos trabalhos científicos de Stuart Kauffman, Brian Arthur, Benoit Mandelbrot, Edgar Peters, e também nos trabalhos de cunho mais empírico de Ralph Nelson Elliott, Robert R Prechter, e Glenn Neely, com lastro de décadas de experiência e registro de dados nos mercados financeiros.

1.4 Justificativa

O estudo dos sistemas dinâmicos não lineares e da teoria da complexidade é o estudo da turbulência. Mais precisamente, é o estudo da transição da estabilidade para a instabilidade. Esta transição está toda em nossa volta. Aparece na corrente da fumaça do cigarro que quebra em redemoinhos de fumaça e dissipa pelo ar. Ocorre quando coloca-se creme no café ou quando ferve-se água. Ainda, este evento de transição de um estado estável para um estado de turbulência não pode ser modelado pela tradicional física newtoniana. A física newtoniana pode prever onde o planeta Marte estará daqui a três séculos, mas não consegue prever as condições exatas do clima de amanhã.

Por considerar que todos os sistemas físicos podem ser estudados como a soma linear de suas partes, reduzindo-se o problema total ao estudo mais simplificado de seus componentes, como engrenagens mecânicas de um relógio, a física de Newton também é conhecida por teoria mecanicista ou reducionista, e baseia-se em três princípios:

para cada causa, existe um efeito direto.

- a) Todos os sistemas procuram um equilíbrio onde o sistema está em repouso.
- b) A natureza é ordenada.

Newton deixou um enorme conhecimento. Sua física e o cálculo que ele desenvolveu para prová-la permanecem como algumas das máximas realizações da humanidade. Através da matemática, pode-se entender e prever como agirão corpos em movimento.

Há limites entretanto. A física de Newton pode explicar como dois corpos interagem, mas não pode prever a interação, por exemplo, entre três corpos. O problema dos três corpos ocupou cientistas na maior parte do século 19. Neste mesmo século, Henri Poincaré descobriu que o problema não poderia ser resolvido

para uma única solução, devido às não linearidades inerentes ao sistema. Poincaré, citado por Edgar E. Peters (1996, p.137) explicou porque estas não linearidades eram importantes:

Uma pequena causa que nos passa despercebida, determina um considerável efeito que não perdemos de vista, e então dizemos que o efeito é devido ao acaso [...]. Pode acontecer de pequenas diferenças nas condições iniciais produzirem grandes diferenças no final do fenômeno. Um pequeno erro no início produzirá um enorme erro posteriormente. Previsão torna-se impossível [...].

Este efeito é agora conhecido como sensível dependência das condições iniciais, ou efeito borboleta, e se tornou uma importante característica dos sistemas dinâmicos. Um sistema dinâmico é inerentemente imprevisível no longo prazo.

Previsões com 100% de exatidão calculadas a partir das equações lineares newtonianas é o paradigma questionado pelas teorias do caos e da complexidade. Acompanhando os ideais do Instituto de Santa Fé (www.isf.com), muitos grupos científicos até mesmo empresas financeiras estão desenvolvendo uma cultura transdisciplinar, que apoiada na estatística, na computação, na economia e na psicologia, pode produzir novos conceitos e ferramentas para o estudo dos sistemas dinâmicos complexos, ou seja, a grande maioria dos sistemas presentes na natureza e nas relações humanas.

Inclui-se neste contexto o mercado de capitais, onde a tradicional Hipótese dos Mercados Eficientes (HME) é uma abordagem linear insuficiente para explicar a complexidade dos movimentos dos preços e tendências na economia mundial e local. Em outras palavras, a HME está para os mercados financeiros assim como a teoria newtoniana está para os sistemas complexos.

O economista Ilan Gleiser (2002, p.211) escreve sobre a ineficiência da HME em seu livro "Caos e complexidade":

Desde a origem de Wall Street até agora, os investidores vêm tentando decifrar os segredos do movimento das ações. Quais são os melhores investimentos? Quais ativos vão subir e quais vão cair? É possível controlar o risco? O comportamento dos

preços no passado influi no comportamento futuro? A maioria dos modelos criados para responder a essas perguntas tem essência linear e ainda hoje são os mais usados, mas apesar disso, não conseguem representar fielmente o que acontece nos mercados financeiros e apresentam falhas. Por isso a importância da incorporação da nova Teoria do Caos/Complexidade na ciência econômica e nas finanças. Ela representa o mercado com mais precisão e vem revolucionar o paradigma atual: a Hipótese de Mercado Eficiente, segundo a qual os investidores reagem à informação assim que é recebida, não esperando que ela se torne uma tendência baseada numa série cumulativa de eventos. A HME não leva em consideração a história, uma vez que, em um mercado eficiente, toda a informação já está descontada nos preços correntes dos ativos.[...] O modelo de mercado eficiente reduz o agente [homo sapiens] ao homo economicus: decisor racional que busca defender seus interesses, utilizando-se de sua capacidade ilimitada de cálculo e de plena informação. Esta hipótese pressupõe que todos têm a mesma capacidade matemática e o mesmo acesso a notícias. Todos os investidores são homogêneos.

Justifica-se portanto a utilização de novas ferramentas que levam em conta os novos conceitos do caos e da complexidade para o estudo dos mercados de capitais. Neste trabalho será feita especificamente uma análise da eficácia da aplicação do princípio das ondas Elliott na previsão de quedas e subidas de preços futuros. Este princípio não se encaixa na HME e encontra fundamentos no caos/complexidade porque:

- a) Utiliza eventos passados - padrões históricos de preços registrados por Ralph Elliott desde o início do funcionamento das bolsas de valores e mercadorias para se prever eventos futuros.
- b) Baseia-se na emergência de uma "psicologia das massas". Raciocinando-se de uma maneira fractal, onde características semelhantes ocorrem em várias escalas, pode-se constatar que: assim como o cérebro humano é um sistema complexo formado por vários agentes de identidade única, que por auto-organização relacionam-se e contribuem não linearmente para a emergência de memória, consciência e aprendizado, o mercado financeiro é um sistema complexo, onde cada investidor é um ser humano único, que

não reage linearmente as notícias, pois relaciona-se com outros investidores, e dependendo do nível de adaptação, aprendizado e experiência sobre notícias passadas que possua, pode tomar uma decisão precipitada ou esperar e seguir a maioria, realimentando positivamente esta maioria até que uma "massa pensante" tenha uma mesma opinião, emergindo uma tendência de subida ou descida dos preços do mercado.

2 BASE TEÓRICA

2.1 Teorias do Caos e da Complexidade

O mercado de capitais é regido pelas decisões humanas, que por sua vez são influenciadas por variáveis internas e externas. Dentre as variáveis internas pode-se citar o medo, a insegurança, a velocidade com que os investidores decidem comprar ou vender contratos. No caso das variáveis externas, pode-se citar a taxa de juros, as taxas de câmbio, até mesmo fatores naturais como o clima, já que muitas *commodities*, como milho e soja, sofrem alteração de preço após uma tempestade ou estiagem. Em decorrência do elevado número de graus de liberdade, ou seja, de muitas variáveis em questão, pode-se dizer que os mercados de capitais são sistemas complexos e que para estudá-los é necessário interdisciplinaridade. As ciências do caos e da complexidade, além de embasarem-se em várias disciplinas, criaram novos termos e possibilidades, atingindo um nível transdisciplinar de entendimento dos vários processos naturais **aparentemente** dominados pela total desordem.

Um dos objetivos desta seção é dar clareza a alguns termos científicos utilizados no estudo dos sistemas dinâmicos complexos. Serão escolhidos apenas aqueles termos que têm relevância para esta dissertação.

O segundo e último objetivo será a composição de um resumo dos acontecimentos relativos à ciência do caos que possuem maior peso no embasamento teórico deste trabalho, até atingir-se o conceito considerado de maior importância para que economistas encontrem ordem na desordem dos fluxos econômicos, o atrator estranho.

2.1.1 Termos Científicos de Relevância

Este item tem o objetivo de auxiliar na leitura e interpretação do restante desta dissertação, através da conceituação de termos científicos de fundamental importância para a visualização do comportamento dos sistemas dinâmicos complexos.

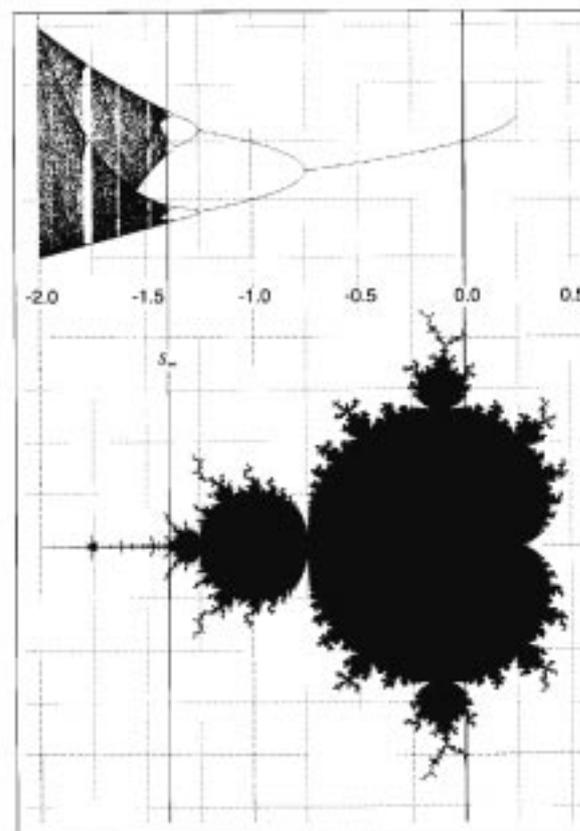
Segundo Ilan Gleiser (2002, p.55), caos e complexidade são fenômenos interconectados porém distintos. Existe um certo debate em relação ao significado técnico e campo de influência dos dois fenômenos. Alguns argumentam que caos é uma teoria geral que engloba o estudo de sistemas complexos. Outros argumentam exatamente o oposto, ou seja, que a teoria do caos é uma aplicação específica de uma teoria maior que estuda os sistemas dinâmicos, a ciência da complexidade. Outros não vêem nenhuma diferença entre os dois. A definição mais aceita é a de que os dois fenômenos são complementares. A teoria da complexidade é o estudo de como um sistema de equações muito complicadas pode gerar padrões de comportamento bastante simples e ordenados para certos valores dos parâmetros destas equações. Já a teoria do caos estuda como equações não lineares simples geram comportamento complicado. Fenômenos complexos ocorrem precisamente no ponto crítico de transição da ordem para o caos. Um sistema em estado complexo está no limiar do caos (*the edge of chaos*), na borda entre um comportamento periódico previsível e o comportamento caótico, que pode ser determinístico ou não, dependendo do sistema.

Para Edward N. Lorenz (1993, p.7), uma seqüência de eventos é **determinística** quando tem-se certeza de qual é o próximo evento desta seqüência; isto é, sua evolução é governada por leis precisas. Seqüência **aleatória** ou **randômica** é caracterizada pela ausência de determinismo.

A teoria do caos determinístico é um conceito relativamente novo em ciência. A palavra **caos**, segundo o dicionário da língua portuguesa de Aurélio Buarque de Hollanda Ferreira, significa um vazio obscuro e ilimitado que antecede e teria propiciado a geração do mundo, o caos primordial que o livro de Gênesis se refere. Em uma segunda definição seria uma grande confusão ou desordem. O termo **caos determinístico** é aparentemente paradoxal. Como algo pode ser caótico e determinístico ao mesmo tempo? De forma simples, é a idéia de que se pode obter resultados aparentemente aleatórios a partir de simples equações matemáticas. Mas

na teoria do caos também se encontra o oposto: é possível achar ordem onde aparentemente só há aleatoriedade, dando margem para que muitos a confundam com a teoria da complexidade. Mas enquanto a teoria do caos encontra ordem na aparente desordem total nas ondas temporais de Lorenz, nos atratores estranhos, nos diagramas de estado final de Feigenbaum (figura 1, desenho superior), no conjunto de Mandelbrot (figura 1, desenho inferior) e em outros resultados matemáticos que vem surgindo, a teoria da complexidade estuda a emergência de estados ordenados a partir da auto-organização, adaptabilidade, aprendizado, entropia e realimentação positiva dos agentes constituintes do sistema complexo.

FIGURA 1 - DIAGRAMA DE FEIGENBAUM E CONJUNTO DE MANDELBROT



FONTE: PEITGEN, et al. (1992)

Lorenz (1993) afirma também que a palavra caos não possui ainda uma definição final, e recentemente vem tomando o lugar de outras palavras adquirindo vários

significados técnicos relacionados mas distintos. Sua definição para **sistemas caóticos**: são sistemas determinísticos - ou quase determinísticos devido à presença de uma leve quantidade de aleatoriedade - mas que não parecem ser determinísticos, ou seja, **aparentemente** são puramente randômicos. Como exemplos de fenômenos supostamente caóticos pode-se citar o movimento de queda das folhas de uma árvore, a evolução populacional de uma espécie, as flutuações do clima terrestre, o funcionamento do cérebro, as flutuações dos preços das ações na bolsa de valores. No contexto da teoria do caos, tais sistemas são estudados da maneira mais realista possível, estando sujeitos a possíveis modificações causadas por eventos aleatórios externos. Esses sistemas possuem portanto uma leve aleatoriedade devido a eventos exteriores que surgem ao acaso, entretanto, a maior parte da aparente randomicidade do sistema não é produto da verdadeira aleatoriedade exterior. Isto é, processos do mundo real que aparentemente se comportam randomicamente – talvez a folha em queda ou as flutuações da bolsa – poderiam ser classificados de caóticos, já que eles continuariam a parecer randômicos mesmo que a verdadeira aleatoriedade – a passagem de uma pessoa perto da folha em queda ou um ataque terrorista à bolsa de valores – pudesse de alguma maneira ser eliminada.

A aleatoriedade aparente nos sistemas determinísticos caóticos ocorre devido ao acúmulo não linear de erros de arredondamento, fato que será explicado com mais detalhes no item 2.1.2 deste trabalho.

Para Gleiser (2002, p.23), a teoria do caos é o estudo de comportamentos instáveis e aperiódicos em sistemas dinâmicos determinísticos não lineares.

Aborda-se agora o conceito de **sistemas dinâmicos**. Uma definição matemática de sistemas dinâmicos é dada por Elizabeth Karas e Celso P. Cerra (1997, p.77):

Sendo \mathbf{C} o conjunto dos números complexos, seja f de \mathbf{C} em \mathbf{C} uma função contínua da variável complexa z . Vamos instituir um processo que produza uma sequência de

pontos z_k pertencentes a C , a partir de um ponto z_0 arbitrariamente escolhido. Cada ponto é obtido do precedente pela aplicação da função f , ou, dizendo de outro modo, cada ponto é a imagem do precedente pela função f :

$$z_0 \text{ (ponto inicial)}$$

$$z_1 = f(z_0)$$

$$z_2 = f(z_1)$$

$$z_3 = f(z_2)$$

e assim por diante, até:

$$z_k = f(z_{k-1})$$

Considerando f^k a notação para a composição da função f com ela mesma k vezes, podemos escrever:

$$z_k = f^k(z_0)$$

Um processo desta natureza constitui um sistema dinâmico. O termo se justifica pelo fato de que em muitos processos físicos, biológicos ou financeiros, o estado do sistema é determinado a intervalos regulares de tempo pelas iterações de uma certa função. Se esses intervalos forem finitos, o sistema será **discreto**. Se forem intervalos diferenciados de tempo, o sistema dir-se-á **contínuo**"

Lorenz (1993, p.8) opta por uma definição mais informal de **sistemas dinâmicos**: são sistemas que variam deterministicamente com o tempo e também sistemas que mudam com uma inconseqüente quantidade de acaso. O estado de um sistema dinâmico pode ser especificado por valores numéricos de uma ou mais variáveis. Para o modelo matemático de um pêndulo, por exemplo, as variáveis de estado seriam a velocidade e a posição da extremidade do pêndulo. Uma onda que se quebra no mar possui um movimento tão intrincado, que um modelo realista para o seu estudo deveria ter dúzias, ou o que é mais provável, centenas de variáveis.

Para Prigogine (1996, p.32), **sistemas dinâmicos estáveis** são aqueles em que pequenas variações nas condições iniciais produzem pequenos efeitos. Mas para uma classe muito extensa de sistemas dinâmicos, essas modificações se amplificam ao longo do tempo. Os **sistemas caóticos** são um exemplo extremo de

sistema instável, pois as trajetórias que correspondem a condições iniciais tão próximas quanto quisermos divergem de maneira exponencial ao longo do tempo. Fala-se então de **sensibilidade às condições iniciais**.

2.1.2 Do Caos aos Fractais

As primeiras pesquisas matemáticas do caos começaram em 1890, quando Henri Poincaré estudou a estabilidade do sistema solar. Sua pergunta de pesquisa era se os planetas continuariam indefinidamente em suas presentes órbitas, ou poderia um deles sair da rota em direção à eterna escuridão ou se chocar com o sol. Ele não achou uma resposta para sua questão, mas criou um novo método analítico, a geometria da dinâmica. Hoje em dia, suas idéias têm crescido dentro da área chamada topologia, que é a geometria da deformação contínua. Poincaré fez a primeira descoberta do caos no movimento orbital de três corpos que exercem efeitos gravitacionais entre si.

Outros cientistas seguiram então o trabalho pioneiro de Poincaré. O matemático russo Andrey Kolmogorov fez avanços básicos nas características irregulares da dinâmica. Nos anos 60, o topologista americano Stephen Smale formulou um plano para classificar todos os casos típicos de comportamento dinâmico. Dentro da visão de mundo de Smale, o caos é considerado um fenômeno natural, complementando outros fenômenos regulares e periódicos já estudados pela dinâmica clássica.

Seguiram-se aplicações práticas do conceito de caos como um fenômeno natural. Por exemplo, algumas vezes um fluido flui suavemente, mas outras vezes torna-se irregular e turbulento sem razão aparente. Na tentativa de explicar por que, dois matemáticos europeus, David Ruelle e Floris Takens, sugeriram em 1970 que o fluxo turbulento poderia ser um exemplo da dinâmica do caos. Cientistas experimentais, como os físicos americanos Harry Swinney e Jerry Golub e o físico

francês Albert Libchaber, mostraram que Ruelle e Takens estavam parcialmente corretos. O caos realmente ocorre em fluxos turbulentos mas não precisamente da maneira que eles haviam sugerido, isto é, o estudo destes sistemas dinâmicos não é tão simples assim.

O nível de refinamento do estudo do caos foi aumentando e o estado atual da ciência do caos ainda tenta responder velhas perguntas e outras que vão surgindo. Como pode-se tornar a noção de caos mais precisa? Como pode-se ter certeza de que um sistema é realmente caótico? Como modelos caóticos podem ser testados experimentalmente, e como diferentes tipos de caos podem ser detectados?

A transdisciplinaridade criada em torno destas questões possibilitou o surgimento de vários novos conceitos (Peitgen; Jurgens e Saupe, 1992, p.509-574) inter-relacionados: sensível dependência em relação as condições iniciais, *mixing*, pontos periódicos densos, órbitas ergóticas, atratores estranhos com características fractais, entre outros. O número de pesquisas, termos e cientistas relacionados ao caos cresce a cada ano, e a tentação de se infiltrar e viajar neste emaranhado de novas possibilidades de pesquisa torna-se evidente. Mas, para não se perder o foco em relação ao mercado de ações, esta dissertação dará maior ênfase aos trabalhos de Lorenz.

Em 1960, um meteorologista do MIT chamado Edward N. Lorenz pesquisava a instabilidade do tempo. Apreciava as configurações que se formam e desaparecem na atmosfera, obedecendo sempre a regras matemáticas, porém nunca se repetindo. Estando livre para escolher as leis da natureza que quisesse para prever como o tempo estaria no futuro, Lorenz escolheu doze dessas regras numéricas. Eram doze equações que expressavam as relações entre temperatura e pressão, entre pressão e velocidade do vento. Lorenz na verdade estava colocando em prática as leis de Newton, leis baseadas na idéia do determinismo, de que condições iniciais previamente estabelecidas e modelos físico-matemáticos são capazes de descrever precisamente acontecimentos futuros. Devido ao intenso número de cálculos necessários para se

resolver as equações, só um computador poderia explorar a promessa newtoniana de que o mundo se desdobrava de maneira determinista.

Teoricamente, o computador permitiria aos meteorologistas fazer aquilo que os astrônomos vinham fazendo com lápis e régua de cálculo: prever o futuro do universo a partir de suas condições iniciais e das leis físicas que guiam a sua evolução. Os astrônomos não alcançaram a perfeição, mas os cálculos dos movimentos planetários eram tão precisos que as pessoas se esqueciam de que eram previsões. O tempo era muitíssimo mais complicado, mas era governado pelas mesmas leis. Talvez um computador suficientemente potente pudesse constituir-se na inteligência suprema imaginada por Laplace, o filósofo matemático do século XVIII que, mais do que ninguém foi atacado pela febre newtoniana. Ian Stewart (1991, p.17), em seu livro "Será que Deus joga dados", cita as palavras de Laplace:

Um intelecto que, num momento dado qualquer, conhecesse todas as forças que animam e as posições mútuas dos seres que a compõem, se esse intelecto fosse vasto o suficiente para submeter seus dados à análise, seria capaz de condensar numa única fórmula o movimento dos maiores corpos do universo e o do menor dos átomos: para tal intelecto nada poderia ser incerto; e tanto o futuro quanto o passado estariam presentes diante de seus olhos.

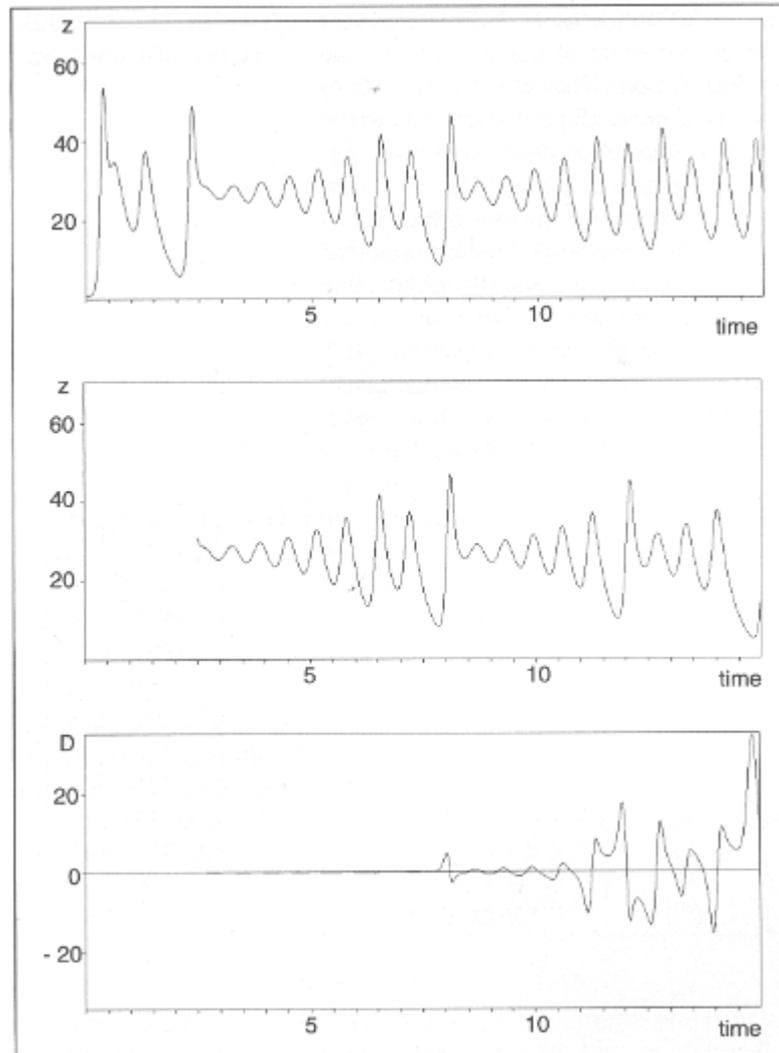
Com o seu computador primitivo, Lorenz tinha reduzido o tempo atmosférico aos elementos essenciais. Os ventos e as temperaturas nos resultados impressos pelo seu computador pareciam comportar-se de uma maneira terrena reconhecível. Eles correspondiam à sua intuição sobre o tempo, sua sensação de que ele se repetia, revelando **padrões conhecidos**, a pressão aumentando e caindo, as correntes de ar oscilando entre norte e sul. Descobriu que quando uma variável decrescia de valor sem um salto, ocorreria em seguida um salto duplo, e imaginou então que tal regra poderia ser utilizada por meteorologistas para previsão de próximos movimentos. Mas as repetições não eram perfeitamente iguais. Havia um padrão, mas com alterações. Uma

desordem ordenada. Este trabalho de reconhecimento e tabulação de alguns padrões também foi feito por Elliott, no caso específico de ondas no mercado financeiro que se repetiam quase que perfeitamente.

Para tornar evidentes os padrões, Lorenz criou um tipo de gráfico primitivo. Em lugar de imprimir as séries habituais de dígitos, fazia a máquina imprimir certo número de espaços em branco, seguidos da letra *a*. Tomava uma variável, como por exemplo a direção da corrente de ar, e analisava sua variação à medida que gradualmente as letras "as" deslizavam pelo rolo de papel, oscilando de um lado para o outro numa linha ondulada, formando uma série de morros e vales que representavam a maneira pela qual o vento oeste oscilava para norte e sul, através do continente. Nesta série via-se ciclos identificáveis repetindo-se sem nunca serem precisamente iguais duas vezes.

Certo dia, no inverno de 1961, querendo examinar mais detalhadamente uma seqüência, Lorenz tomou um atalho. Em lugar de refazer toda a seqüência, começou pelo meio dela. Para dar à máquina suas condições iniciais, digitou os números diretamente da impressão anterior. Ao voltar uma hora depois, viu algo inesperado. Essa nova seqüência deveria ter sido uma cópia exata da anterior, já que o programa, ou seja, as equações determinísticas, não haviam sido modificadas. No entanto, ao olhar para a nova impressão, Lorenz viu seu tempo divergindo tão rapidamente do padrão da última seqüência que, em poucos meses, toda a semelhança desaparecia, como pode-se ver na figura 2. Nesta figura registra-se uma simulação do trabalho de Lorenz feita pelo trio de cientistas Peitgen; Jürgens e Saupe (1992, p.47), em seu livro *Chaos and Fractals*:

FIGURA 2 - UMA SIMULAÇÃO DO EXPERIMENTO DE LORENZ CARACTERIZANDO O AUMENTO EM CASCATA DO ERRO COM O PASSAR DO TEMPO.



FONTE: PEITGEN et al. (1992)

O primeiro pensamento de Lorenz foi de que talvez uma válvula do seu computador estivesse com defeito. Mas posteriormente percebeu o erro: o problema estava nos números que havia digitado. Na memória do computador, seis casas decimais estavam armazenadas, entretanto, na impressão apenas três casas decimais apareciam por economia de espaço. Para ficar mais claro o problema, vamos analisar melhor a simulação que resultou nos gráficos da figura 2. Digamos que no primeiro gráfico, o valor computado da variável z em $t = 2.5$ é $z(2.5) = 30.128362$. Mas como a impressão do computador de Lorenz trazia resultados com

apenas três casas decimais, ele digitou 30.128 como valor inicial para a continuação dos cálculos, como mostra o segundo gráfico. Este pequeno erro de 0.000362 foi o responsável pelo acúmulo não linear de erros cada vez maiores no decorrer do tempo, como mostra o terceiro gráfico, onde o eixo das ordenadas traz a diferença entre a primeiro e o segundo gráfico.

O fato de pequenas variações nas condições iniciais provocarem diferenças elevadas nos resultados a longo prazo ficou conhecido como **efeito borboleta**. Este efeito é **não linear**, pois se fosse linear, a partir de um ponto de partida ligeiramente diferente teríamos conseqüências futuras ligeiramente diferentes. No caso da meteorologia, um pequeno erro poderia ser encarado como uma leve brisa passageira, cujos efeitos desapareceriam ou se neutralizariam antes que pudessem alterar aspectos importantes, em grande escala, do tempo. Mas, no sistema específico das equações de Lorenz, os pequenos erros mostravam-se catastróficos, motivando-o a escrever um artigo cujo título ficou famoso: "A batida de asas de uma borboleta pode causar um tornado no Texas?".

As conseqüências do efeito borboleta podiam ser tremendas. Embora suas equações fossem um modelamento matemático grosseiro das condições meteorológicas na Terra, Lorenz tinha a convicção de que tais equações encerravam a essência da atmosfera real. Naquele dia, ele achou que a previsão do tempo a longo prazo estava condenada, e compreendeu que qualquer sistema físico que se comportasse de maneira não periódica seria imprevisível.

Para ilustrar melhor a apreensão de cientistas e programadores em relação ao efeito borboleta decorrente do arredondamento dos números à quantidade de casas decimais existente dentro da limitação de cada memória computacional, e em relação à exatidão dos métodos utilizados antes do descobrimento de novas ferramentas que futuramente formariam a matemática do caos, cita-se Gleick (1990, p.17):

A previsão do tempo foi o começo, mas estava longe e ser o fim, da utilização dos computadores para formular sistemas complexos. As mesmas técnicas serviam a muitos tipos de cientistas físicos e cientistas sociais que alimentavam esperanças de fazer

previsões sobre tudo, desde os fluxos de fluidos em pequena escala, de interesse dos projetistas de hélices, até os enormes fluxos financeiros, de interesse de economistas e especuladores. Realmente, nas décadas de 70 e 80, a previsão econômica pelo computador tinha uma semelhança real com a previsão do tempo global. Cada modelamento matemático programado processava teias complicadas, e um tanto arbitrarias, de equações, que pretendiam transformar as medições das condições iniciais – velocidade inicial do vento ou preço inicial de uma determinada ação – numa simulação de tendências futuras. Os programadores tinham esperanças de que os resultados não fossem demasiado deformados pelas muitas e inevitáveis simplificações. Se um determinado modelamento matemático do tempo causasse inundação do Saara, ou se um programa econométrico triplicasse a taxa de juros, os programadores reviam as equações para colocar o resultado em harmonia com as expectativas. Na prática, os modelos econométricos revelavam-se incapazes de prever o futuro com exatidão. Previsões de crescimento econômico ou de desemprego eram apresentadas com uma precisão implícita de duas ou três casas decimais, mas que não eram exatas. Governos e instituições financeiras pagavam por essas previsões e agiam de acordo com elas, talvez por necessidade ou à falta de uma previsão melhor. Sabia-se que variáveis como o otimismo do consumidor não eram tão mensuráveis quanto a umidade do ar atmosférico, e que equações diferenciais perfeitas ainda não tinham sido escritas para o movimento da política e da moda. Poucos, entretanto, davam-se conta de como era frágil o próprio processo de criar modelos de fluxos no computador, mesmo quando os dados eram razoavelmente fidedignos e as leis eram puramente físicas, como na previsão do tempo.

Através da criação de modelos matemáticos computacionais para a previsão do tempo, a meteorologia tornou-se uma ciência. Mas além de dois ou três dias, as melhores previsões do mundo eram especulativas, e depois dos seis ou sete dias, nada valiam. A razão disso era o efeito borboleta, que também pode ser conhecido como dependência sensível às condições iniciais. Para pequenas variações nas condições iniciais do tempo, os erros vão se acumulando, como visto nos gráficos da figura 2, e as incertezas se multiplicam, formando um efeito em cascata ascendente através de uma cadeia de aspectos turbulentos, que para o meteorologista pode significar tempestades e nevascas.

A descoberta do efeito borboleta por Lorenz foi um acaso. O acaso feliz apenas o levou ao ponto em que sempre estivera, sem poder prever precisamente as condições futuras de tempo. Entretanto, Lorenz estava pronto para explorar as conseqüências de sua descoberta, desenvolvendo o significado que ela deveria ter para o entendimento, pela ciência tradicional, dos fluxos de todos os tipos de fluidos. Se tivesse ficado apenas no efeito borboleta, uma imagem da previsibilidade substituída pela simples aleatoriedade, Lorenz teria produzido apenas uma notícia muito ruim. Mas ele viu algo mais do que aleatoriedade em seu modelo do tempo. Percebeu nele uma bela estrutura geométrica, que posteriormente seria chamada de **atrator estranho**, onde a ordem era mascarada de total desordem.

Lorenz começou a pesquisar sobre a matemática de sistemas que nunca encontravam-se em regime estacionário, sistemas que quase se repetiam, ou seja, quase periódicos. Não era fácil encontrar equações simples que produzissem a aperiodicidade que ele buscava. Lorenz deixou então de lado o tempo climático e procurou modos ainda mais simples de produzir esse comportamento complexo. Encontrou um, num sistema de apenas três equações:

$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &= -\delta x + \delta y \\ \frac{dy}{dt} &= -xz + rx - y \\ \frac{dz}{dt} &= xy - bz\end{aligned}$$

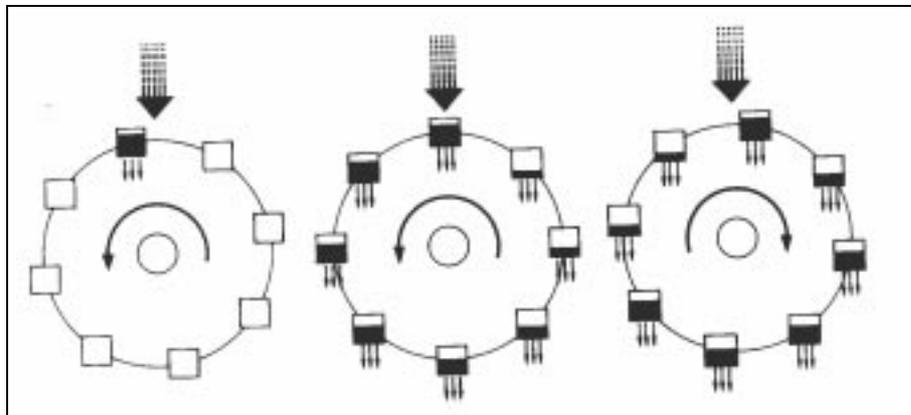
Um tipo específico de movimento dos fluidos inspirou as três equações de Lorenz: a ascensão do gás ou líquido quente, conhecida como convecção. Lorenz tomou uma série de equações para a convecção e reduziu-a ao essencial, eliminando tudo o que pudesse ser irrelevante, tornando-a de uma simplicidade pouco realista. Quase nada do modelo original permaneceu, mas ele deixou a não linearidade.

Embora o sistema de Lorenz não reproduzisse totalmente a convecção, tinha análogos exatos em sistemas reais. Por exemplo, suas equações descrevem com

precisão um velho dínamo elétrico, precursor dos modernos geradores, no qual a corrente elétrica flui através de um disco que gira num campo magnético. Em certas condições, o dínamo pode passar por um estado instável, revertendo a si mesmo. E depois que as equações de Lorenz se tornaram mais conhecidas, alguns cientistas afirmaram que o comportamento deste dínamo poderia oferecer uma explicação para outro fenômeno singular de reversão: o campo magnético da Terra. Sabe-se que o "geodínamo" inverteu-se muitas vezes ao longo da história da Terra, em intervalos que parecem irregulares e inexplicáveis. Frente a essa aperiodicidade, em geral os teóricos tradicionais buscavam explicações fora do sistema, propondo causas como choques de meteoritos. Mas talvez o geodínamo tenha o seu próprio caos.

Outro sistema descrito com precisão pelo primeiro e famoso sistema caótico formado pelas equações de Lorenz é um certo tipo de roda d'água, esboçado na figura 3 (Gleick, 1990, p.24)

FIGURA 3 - RODA D'ÁGUA LORENZIANA



FONTE: GLEICK (1990)

Esse aparelho simples mostra-se capaz de um comportamento surpreendentemente complicado. A rotação da roda d'água tem certas propriedades em comum com o processo de convecção. Ambos os sistemas são impulsionados constantemente – pela água ou pelo calor – e ambos dispersam energia. O fluido perde calor, as palhetas da roda perdem água. Em ambos os sistemas, o comportamento a longo prazo depende da força da energia propulsora.

A água cai do alto, num escoamento constante. Se o fluxo da água for lento, a palheta ou caçamba do alto não se encherá nunca o suficiente para superar o atrito, e a roda nunca começará a girar. Se o fluxo for mais rápido, o peso da palheta superior coloca a roda em movimento (figura 3, desenho da esquerda). A roda pode estabilizar-se numa rotação que continua em ritmo constante (desenho central). Se, porém, o fluxo for mais rápido ainda (desenho da direita), a rotação pode tornar-se caótica, em virtude dos efeitos não lineares embutidos no sistema: quando as palhetas passam sob o jorro d'água, as proporções em que se enchem dependem da velocidade de rotação. Se esta for rápida, as palhetas têm pouco tempo para se encherem. E ainda, se a roda está girando depressa, as palhetas podem começar a subir do outro lado antes de se esvaziarem. Logo, palhetas pesadas do lado que sobe podem provocar diminuição da velocidade e inverter o movimento.

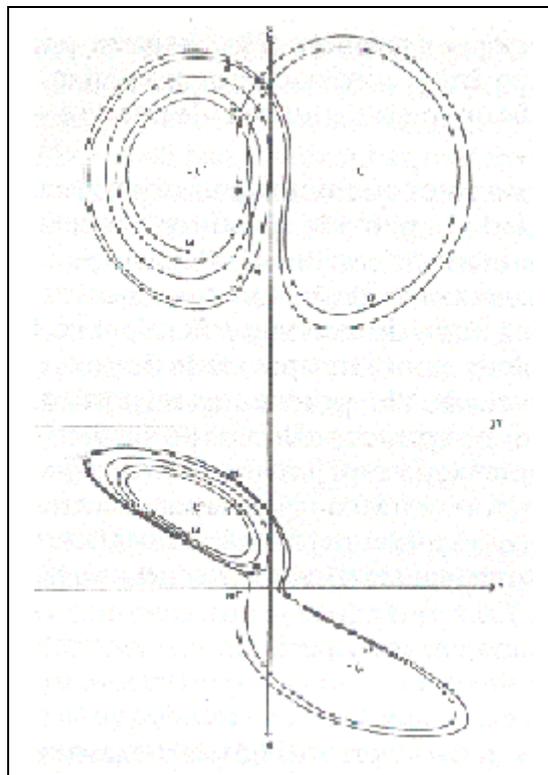
É importante destacar as inversões de movimento da roda d'água, pois neste sistema correspondem aos momentos de **instabilidade**, ou seja, **pontos de bifurcação** que caracterizam os sistemas caóticos.

De fato, Lorenz descobriu que, em períodos prolongados, a rotação deve reverter-se várias vezes, sem se estabilizar numa situação de velocidade angular constante, e nunca haverá a repetição de padrões **exatamente** iguais, enquanto que o aparecimento de padrões **aproximadamente** iguais pode ser previsível.

Tais características podem ser vistas com maior clareza através de um desenho num espaço de fase tridimensional, que no caso do experimento de Lorenz ficou conhecido como **atrator estranho**. Cada ponto do desenho corresponde a um estado do sistema. Cada estado tem três coordenadas que são os valores assumidos por três variáveis. No caso da roda d'água as variáveis poderiam ser sua velocidade angular, o fluxo da água que vem do alto e a posição de uma palheta num determinado instante de tempo. A medida que a roda vai desenvolvendo seu movimento, o ponto no espaço de fases vai se deslocando, formando-se uma linha, uma **órbita**. Suponhamos que após assumir vários valores distintos, as três variáveis

voltem a ser exatamente iguais à três valores já assumidos anteriormente. Neste caso, a linha volta a passar por um ponto pelo qual já havia passado, fechando-se assim um ciclo. E se os próximos pontos mantiverem-se sempre dentro deste ciclo, o movimento seria **periódico**. Mas não foi isso o que aconteceu com o experimento de Lorenz. O início da construção do atrator de Lorenz pode ser visto na figura 4, retirada do livro de Gleick (1990, p.141).

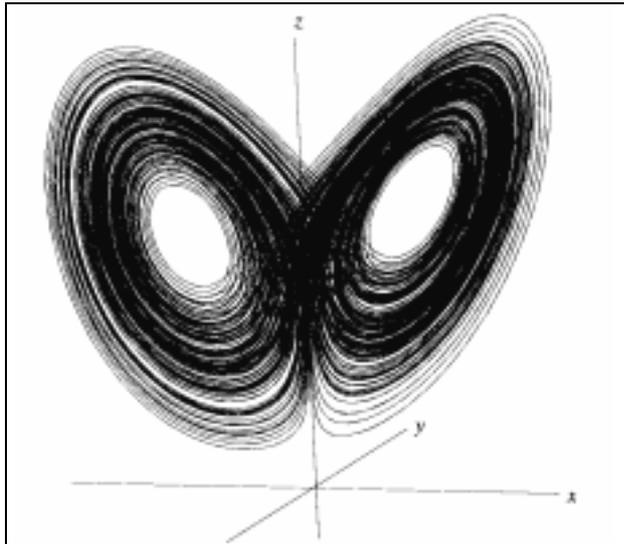
FIGURA 4 - PRIMEIRAS ÓRBITAS NO ESPAÇO DE FASE DO SISTEMA DE LORENZ



FONTE: GLEICK (1990)

Após uma quantidade considerável de estados, ou seja, depois da fase transiente inicial, a seqüência de pontos produziu uma linha de complexidade infinita. Ficava sempre dentro de certos limites, nunca saindo da página do desenho, mas também nunca se repetindo, como mostra a figura 5. Traçava uma forma estranha, uma espécie de espiral dupla em três dimensões, como uma borboleta com as duas asas. A forma assinalava a desordem pura, já que nenhum ponto ou padrão jamais se repetiu. Entretanto, também assinalava um novo tipo de ordem.

FIGURA 5 - ATRATOR ESTRANHO DE LORENZ



FONTE: PEITGEN (1992)

É propício o momento de se apresentar um dos **paradoxos** da teoria do caos: a impossibilidade de se prever o futuro de um sistema à longo prazo através de funções determinísticas devido à não linearidade, o efeito borboleta e à sensível dependência das condições iniciais; enquanto que **se** o sistema possuir um atrator, pode-se prever o que acontecerá com o sistema, já que independentemente das condições iniciais, as órbitas decorrentes serão sempre atraídas para uma mesma região do espaço de fase, vindo daí o nome atrator e a possibilidade de se saber em que lugar geométrico de n dimensões se encontrará o futuro do sistema.

O atrator de Lorenz era estável, de baixa dimensão e não periódico. Não podia cortar-se nunca, porque se o fizesse, voltando a um ponto já visitado, a partir de então o movimento se repetiria num loop periódico. Isso nunca acontecia, e aí estava a beleza e a criatividade do atrator. Esses loops quase periódicos e espirais eram infinitamente profundos, nunca se juntando totalmente. Entretanto, permaneciam dentro de um espaço finito, confinado por um paralelepípedo retângulo. Como era possível? Como podia um número infinito de percursos ficar num espaço finito?

Geometricamente, a questão era um enigma topológico: que tipo de órbita podia ser traçada num espaço limitado, de modo a não repetir-se e nunca cruzar-se. Para produzir todos os ritmos, a órbita teria de ser uma linha infinitamente longa numa área finita. Em outras palavras, teria de ser **fractal**.

2.2 Teoria dos Fractais

Segundo Elizabeth Karas e Celso Serra (1997, p.5), **fractais** são figuras com propriedades e características peculiares que os diferenciam das figuras geométricas habituais. Isso pode ser bem ilustrado por meio de um primeiro exemplo de fractal, a *curva de Koch*, imaginada pelo matemático alemão Helge von Koch em 1904, bastante simples em sua formação, mas muito esclarecedora.

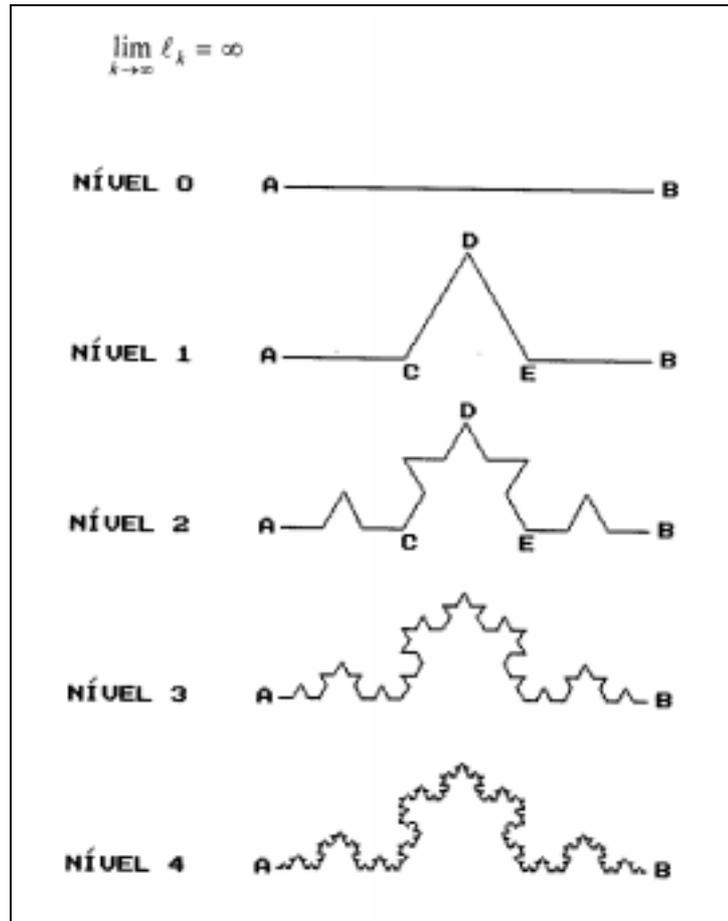
Parte-se de um segmento de reta AB de comprimento unitário, figura 6. Divide-se o segmento em 3 partes iguais e suprimimos o terço médio, colocando em seu lugar os segmentos CD e DE, cada um com um comprimento de $1/3$, igual ao do segmento removido. Resta assim a poligonal ACDEB, com comprimento de $4/3$.

Repete-se então com cada um dos 4 segmentos da poligonal ACDEB a mesma operação feita com o segmento original. Obtém-se desse modo, uma poligonal de 16 lados, cada qual de comprimento $1/9$, perfazendo um comprimento total de $16/9$, ou $(4/3)^2$.

E continua-se o processo indefinidamente, substituindo-se cada lado da última poligonal obtida por uma poligonal de 4 lados, semelhante a ACDEB.

A figura 6 mostra os cinco níveis iniciais da construção da curva, correspondendo o nível 0 ao segmento original de comprimento 1.

FIGURA 6 - A CURVA DE KOCH



FONTES: KARAS (1997)

Por indução, pode-se constatar que em um nível k o comprimento da poligonal vale:

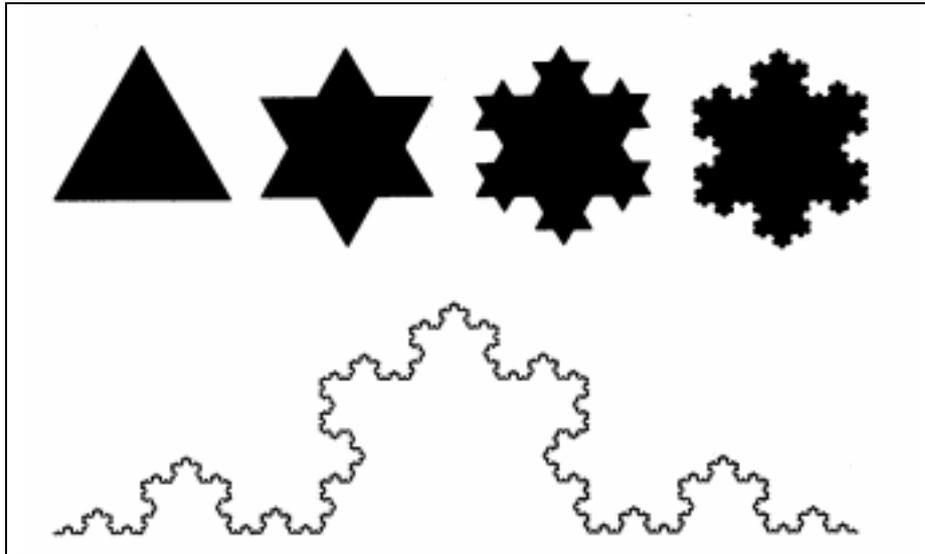
$$\ell_k = \left(\frac{4}{3}\right)^k$$

e, no limite, a medida que o valor do nível k cresce indefinidamente,

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \ell_k = \lim_{k \rightarrow \infty} \left(\frac{4}{3}\right)^k = \infty$$

Este é um resultado importante: a curva de Koch, construída em uma porção bem delimitada do plano, tem um comprimento infinitamente grande. A curva de Koch e suas congêneres dão origem a uma interessante classe de fractais denominados flocos de neve, figura 7.

FIGURA 7 - FLOCO DE NEVE DE KOCH



FONTE: GLEICK (1990)

Nesta figura, ao invés de um segmento unitário, começa-se com um triângulo eqüilátero de lado unitário. No meio de cada lado, acrescenta-se um novo triângulo eqüilátero com um terço do tamanho, e assim por diante. Observando-se o cálculo feito anteriormente para se obter o comprimento da curva de Koch no limite de k tendendo ao infinito, pode-se analogamente obter o comprimento ℓ_k do contorno do floco de neve para um nível k tendendo ao infinito, e será igual a:

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \ell_k = \lim_{k \rightarrow \infty} 3 \cdot \left(\frac{4}{3}\right)^k = \infty$$

Pode-se novamente observar que apesar do comprimento do contorno da figura ser infinito, a área compreendida pelo contorno infinito do floco de neve **é finita**, já que tal área, mesmo com k tendendo ao infinito, nunca ultrapassará a área do círculo circunscrito ao triângulo original.

Abre-se então a possibilidade da construção de fractais tridimensionais de área infinita mas que englobam um volume finito, característica observada no atrator estranho de Lorenz.

2.2.1 Estrutura Fina

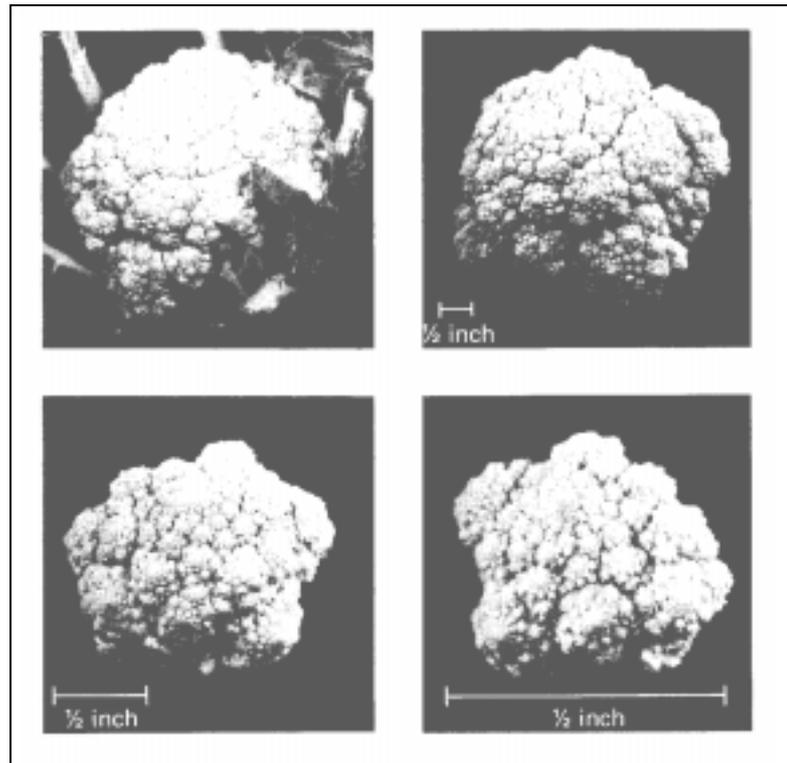
O grau de detalhamento de um fractal não diminui ao examinar-se uma porção arbitrariamente pequena do mesmo. Observa-se, por exemplo, que num pequeno trecho da curva de Koch, encontra-se a mesma riqueza de detalhes da curva inteira. Como figura, o fractal possui detalhes em partes tão pequenas como possamos imaginar. Entretanto, sua imagem na tela do computador está sujeita a um limite de detalhamento imposto pelo poder de resolução do vídeo. Ao se trabalhar com uma tela de resolução elevada, a imagem do fractal aparecerá com mais detalhes, mas jamais além do nível de detalhamento possibilitado pelo computador dotado dos mais poderosos recursos gráficos.

2.2.2 Auto Similaridade

A característica fractal de uma figura inteira ser formada por partes que por sua vez são semelhantes à figura inicial é chamada de auto similaridade, ou auto afinidade. Tal característica pode ser melhor visualizada numa couve-flor da figura 8. Esta figura foi retirada do livro *Chaos and Fractals* (Peitgen, Jürgens e Saupe, 1992, p.64). Citando as palavras destes autores:

A couve-flor não é um clássico fractal matemático, mas pode demonstrar muito bem o conceito de auto similaridade. A cabeça da couve-flor contém ramificações ou partes, as quais quando removidas e comparadas com a couve inteira, são muito parecidas, apenas menores. As partes podem ser decompostos em novas partes, as quais novamente parecem muito similares à couve inteira assim como às suas primeira subdivisão. Esta auto similaridade transcorre até aproximadamente três ou quatro estágios de divisão. Após isso, as estruturas ficam muito pequenas para uma nova divisão. Numa idealização matemática, a propriedade da auto semelhança de um fractal pode continuar através de infinitos estágios. Isto nos leva a novos conceitos, como a dimensão fractal, que é também útil para o estudo de estruturas naturais que não possuem estes detalhes infinitos.

FIGURA 8 - AUTO SIMILARIDADE NA COUVE-FLOR.



FONTE: PEITGEN (1992)

A curva de Koch, como inúmeros outros gêneros de fractais, apresenta uma auto similaridade *estrita*, ou seja, uma porção do fractal reproduz exatamente a forma de uma porção maior, assim como, dados dois triângulos semelhantes de tamanhos diferentes, o triângulo menor tem exatamente a mesma forma do maior. Guedes (1999, p.181) chama a auto similaridade estrita de **auto referencialidade**.

2.2.3 Simplicidade da Lei de Formação

O alto grau de detalhamento de a complexidade da estrutura de um fractal não impedem, em geral, que eles sejam formados por processos relativamente simples e diretos. Isso possibilita a construção de fractais com base em algoritmos simples. O processo de construção é geralmente iterativo ou recorrente. A simplicidade dos algoritmos e o emprego de processos recorrentes para a formação dos fractais torna-os um alvo excelente para o uso do computador. Além disso, a repetitividade

em grande escala das operações requeridas na produção dos fractais faz do computador uma ferramenta indispensável em tais situações.

O fato de operações simples produzirem figuras complexas e a existência de inúmeros fractais com esta características, traz esperança aos pesquisadores que procuram ordem subjacente à desordem em sistemas caóticos. Se, por exemplo, o mercado de ações produzir num determinado período um atrator com características fractais, torna-se possível fazer previsões dos próximos movimentos deste mercado, já que eles estarão confinados na região do atrator.

2.2.4 Dimensão Fractal

As figuras geométricas convencionais têm dimensão bem determinada por Euclides. As linhas são figuras unidimensionais, isto é, têm dimensão 1. As superfícies são bidimensionais, ou seja, possuem dimensão 2, enquanto os sólidos são figuras de dimensão 3, ou tridimensionais. A geometria vai além e estabelece um tratamento consistente para figuras com dimensão maior, como 4, 5, etc., embora não sejamos capazes de visualizá-las concretamente. Uma característica importante dessas dimensões é que elas não dependem nem da forma nem do tamanho da figura: uma linha é unidimensional, seja ela reta ou curva; uma superfície é bidimensional, seja ela plana, esférica ou de qualquer outra forma, e qualquer que seja a sua extensão. A dimensão de uma figura assim caracterizada é uma **dimensão topológica**, que se exprime sempre como um número inteiro.

Segundo Elizabeth Karas & Serra (1997, p.15), os fractais também possuem dimensão topológica. A curva de Koch, por exemplo, tem a dimensão topológica de uma curva qualquer, ou seja, dimensão 1. Outros fractais possuem dimensão topológica 2 ou até maior. Há, todavia, um conceito de **dimensão espacial** que é muito importante considerar, e que se relaciona com o espaço que a figura ocupa. A curva de Koch, devido ao detalhamento que apresenta em escalas arbitrariamente pequenas, ocupa

mais espaço que uma curva convencional, não dotada de estrutura fina, tendo, portanto, uma dimensão maior que a unidade, mas não chega a ocupar tanto espaço quanto a faixa do plano que a contém, possuindo, conseqüentemente, uma dimensão menor que 2. Dimensão maior que 1 e menor que 2 é uma dimensão fracionária. As dimensões fracionárias são usualmente denominadas **dimensões fractais**.

Quando um fractal apresenta auto similaridade estrita, sua dimensão pode se determinada por um método simples que se delinea na passagem de um dado nível na construção do fractal para o nível superior adjacente, bastando anotar-se: o número **p** de subpartes similares que se tomam no lugar de uma dada parte do fractal; e o fator de redução **q** da parte considerada para cada subparte que entra em seu lugar. A dimensão espacial é calculada, então, pela quantidade:

$$\text{dim} = -\frac{\log p}{\log q}$$

Por exemplo, o segmento AC da curva de Koch, no nível 1 (figura 6), é substituído por 4 segmentos no nível 2, logo **p** = 4; cada um desses segmentos mede 1/3 do comprimento do segmento AC, havendo portanto um fator de redução **q** = 1/3. Calculando:

$$\text{dim} = -\frac{\log 4}{\log \frac{1}{3}} = \frac{\log 4}{\log 3} = 1,26186$$

O método descrito pode ser igualmente aplicado a uma figura geométrica convencional. Se tomarmos, por exemplo, um quadrado, podemos considerá-lo composto por 4 quadrados menores e iguais entre si. Há uma auto similaridade estrita nessa composição, sendo **p** = 4 e o fator de redução **q** = 1/2, já que os lados nos quadrados menores medem metade do comprimento do lado do quadrado maior. Calculando, tem-se:

$$\dim = -\frac{\log 4}{\log \frac{1}{2}} = \frac{\log 4}{\log 2} = 2$$

Observa-se que a dimensão espacial calculada coincide com a dimensão topológica do quadrado.

Um método mais geral para se determinar a dimensão espacial, não dependente do requisito da existência de auto similaridade estrita, e aplicável a qualquer espécie de figura, é o da **contagem de caixas**, que, no caso de uma figura plana, reduz-se a uma contagem de quadrículos. Cobre-se a figura com uma malha de quadrículos de lado δ , e conta-se quantos quadrículos contêm pelo menos um ponto da figura. Seja n este número. Se a malha for muito larga (com δ grande) a cobertura será pouco precisa, pois alguns quadrículos conterão apenas uma porção diminuta da figura, ficando vazio o resto de sua área. A precisão aumentará se a malha for mais estreita, diminuindo o lado δ dos quadrículos, fazendo-o tender para zero. No limite, tem-se:

$$\dim = \lim_{\delta \rightarrow 0} \left(-\frac{\log n}{\log \delta} \right)$$

O método descrito é adequado para uso no computador, empregando-se elementos finitos no lugar de quadrículos infinitamente pequenos, desde que se tome δ com um valor suficientemente pequeno e que se possa detectar a condição de o quadrículo conter ou não uma parte do fractal.

As figuras geométricas convencionais têm dimensão espacial igual à dimensão topológica, expressa por um número inteiro. Isso não acontece no caso dos fractais, que possuem uma dimensão espacial não necessariamente igual à sua dimensão topológica.

Um especialista em aplicações da teoria do caos nos mercados financeiros, chamado Edgar E. Peters, explica em seu livro "*Chaos and order in the capital markets*" (1996) como utilizar métodos computacionais para estimar a dimensão fractal (Grassberger & Procaccia, 1983) e o expoente de Liapunov (Wolf et al, 1985) do atrator

no espaço de fase referente a uma determinada série temporal de preços do mercado financeiro. O fato da maioria das séries de preço em função do tempo encontradas no mercado real exigirem dimensões fractais altas, há a necessidade de um considerável trabalho computacional. O trabalho de Peters foge do escopo desta dissertação, já que optou-se pelo estudo das Elliott Waves, um método que também utiliza os fractais para previsão dos mercados de uma maneira mais objetiva.

2.3 Elliott Waves

Pela perspectiva da teoria das Elliott Waves, a evolução dos dados ou preços do mercado de ações plotados em um gráfico é a representação geométrica da psicologia das massas. Segundo Neely (1990, p.1-2), a teoria das ondas Elliott descreve como dados locais se relacionam com os dados a seu redor, como um dado deveria se comportar sob diversas circunstâncias, quando e como tendências psicológicas começam e terminam, como determinado ambiente psicológico desencadeia outro ambiente e qual formato a evolução dos preços deve exibir como um todo. Dito de outra maneira, a teoria das ondas Elliott organiza o aparentemente randômico fluxo dos preços das ações em padrões identificáveis e previsíveis, baseados no transcorrer natural da psicologia das massas.

Indivíduos se comportam de determinada maneira dependendo de suas opiniões e sentimentos momentâneos. Quando dispostos ou animados, as decisões desses indivíduos serão invariavelmente distintas das decisões que tomariam enquanto deprimidos. Do mesmo modo que uma pessoa pode se sentir animada ou preocupada em relação ao futuro pessoal, os mesmos sentimentos podem permear na sociedade. Quando a maioria da população tem sentimentos similares em relação ao futuro, sua ação cumulativa produz uma realimentação positiva, culminando na definição de uma direção ou tendência e no aparecimento de um padrão previsível. Além disso, da mesma forma que uma pessoa pode mudar de idéia, algumas vezes

até instantaneamente, as massas também podem. A queda da maioria das bolsas de valores do mundo em 1987 foi um bom exemplo de uma mudança quase universal e instantânea de opinião das massas em relação ao mercado de ações e ao futuro da economia dos Estados Unidos.

A medida que um ambiente ou uma tendência psicológica termina o seu curso, as pessoas tendem a ficar entediadas com uma idéia ou conceito, algumas vezes arruinadas por causa deles, e abrem a mente para novas idéias. É esta mudança de humores que acarreta o término de uma tendência (padrão de preços) e o começo de outra.

Diferentemente da maioria das técnicas de análise de mercado, a teoria Elliott foi desenvolvida estritamente sob o ponto de vista do comportamento dos preços. A teoria ajuda o analista a constatar que independente de como o mercado reaja, ele reagiu por alguma razão. Não há acaso nas atividades dos mercados, nem aberrações nem comportamentos inclassificáveis de preços.

Boa porção dos técnicos de mercado passam o tempo tentando manipular os dados de preços para achar um indicador mágico, ou seja, a fórmula determinística dos próximos preços a partir dos anteriores. Segundo a teoria Elliott, os preços não podem ser manipulados e sim considerados em sua gênese. Alguns dos aspectos mais notáveis desta teoria são:

- a) Sua adaptabilidade a novos desenvolvimentos tecnológicos e inesperadas notícias consideradas fundamentais.
- b) Sua profundidade em descrever **todos** os possíveis comportamentos do mercado.
- c) Possui características progressivas e dinâmicas.

A teoria indica que o ser humano, e seus mercados, continuamente procuram por novos territórios e comportamentos. Ela estipula que em nenhum momento da história a atividade de um mercado ou o ambiente psicológico é idêntico ao que ocorreu em qualquer outro período. Não há portanto movimentos periódicos

perfeitos, a mesma característica observada nos sistemas caóticos. Mesmo que tais sistemas evoluam segundo um atrator estranho, nunca um mesmo ponto do espaço de fases será visitado mais de uma vez. Similaridades fractais são permitidas, mas duplicações exatas não. Isto é um problema para investidores, e especificamente projetistas de modelos matemáticos que visam formular estratégias baseadas em dados históricos de preços e comportamentos. A teoria Elliott possibilita que o analista trabalhe em cima das mudanças, e alerta quando um mercado **não irá** se comportar como no passado.

2.4 Mercados de Capitais

2.4.1 Bolsas de Valores

A bolsa de valores é o lugar onde compradores e vendedores de ações efetuam seus negócios. Segundo Mara Luquet (2000, p. 68), bolsa de valores é uma associação sem fins lucrativos cujo objetivo é promover todas as condições [padronizações e regras] necessárias para o funcionamento do mercado de ações. Nas bolsas, os corretores executam ordens de compra e venda dadas por seus clientes: os investidores. O pregão, sessão durante a qual se negociam as ações, pode ser realizado tanto num espaço físico da própria bolsa de valores como por meio de transações eletrônicas, o chamado pregão eletrônico.

As bolsas de valores são importantes numa economia, porque permitem uma canalização rápida das poupanças para transformação em investimentos, possibilitando que as empresas que vendem suas ações utilizem estes investimentos na criação de novos empreendimentos, trazendo como consequência novos postos de trabalho, maior consumo, mais dinheiro em circulação. Em síntese, ocorre o aquecimento da economia.

No Brasil, a principal bolsa de valores é a Bolsa de Valores de São Paulo (Bovespa). Em 1996 foi criado um mercado para negociar ações, a Sociedade

Operadora de Mercado de Ativos (SOMA). As operações na SOMA são todas eletrônicas e abrangem todo o país. A criação da SOMA foi inspirada no modelo americano da National Association for Securities Dealers Automated Quotation (NASDAQ). Grande parte das ações negociadas na Nasdac são de empresas de tecnologia. A Nasdac é atualmente o segundo mercado em volume de negócios com ações, perdendo apenas para a Bolsa de Nova York (NYSE).

Nas bolsas de valores, pode-se atuar em três mercados: mercado à vista, mercado a termo e mercado de opções. Mara Luquet (2000, p.69) afirma que a diferença básica entre os negócios em cada um desses mercados é a data de entrega do título (no caso da bolsa de valores o título é a ação) do vendedor ao comprador. Ou seja, é o momento da liquidação da operação de compra e venda de ações.

- a) **Mercado à vista:** também chamados de mercados spot, são aqueles onde as negociações são fechadas com o preço do dia. No caso particular da Bovespa, o vendedor entrega as ações ao comprador no segundo dia útil após a realização do negócio em pregão, e a liquidação financeira, que é o pagamento da ação pelo comprador, ocorre no terceiro dia útil após a negociação.
- b) **Mercado a termo:** A liquidação da operação é adiada, só ocorrendo, em geral, num prazo de 30, 60 ou 90 dias.
- a) **Mercado de opções:** Os investidores negociam títulos que dão o direito de comprar (*call*) ou vender (*put*) determinada ação em uma data pré determinada, por um preço (*strike price*) acertado no presente. Para se ter tal direito, ou seja, para se obter uma opção, deve-se pagar um prêmio, que varia de acordo com o período de vigência da opção e de acordo com o *strike price*. A liquidação das operações pode ser feita em qualquer dia após o fechamento do negócio, até a data de vencimento da opção, caso esta não seja exercida.

2.4.2 Bolsas de Mercadorias e Futuros

A Bolsa de Mercadorias & Futuros (BM&F) é para o mercado de derivativos o mesmo que a Bovespa é para o mercado de ações. No pregão da BM&F, hedgers e especuladores se encontram, representados por seus corretores, para comprar e vender os contratos futuros e de opções.

Segundo Octavio Bessada (2000, p. 26), os contratos chamados derivativos são aqueles que derivam da existência de outro contrato ou ativo, chamado ativo objeto de referência. Os derivativos só existem porque há possibilidade do preço da mercadoria à vista (dólar, ações, índices de ações, grãos ou commodities, índices econômicos) variar. Caso o mercado à vista deixe de existir, ou de ser negociado livremente, o derivativo perde a razão de ser.

O tipo de mercado de derivativos mais importante é o mercado de futuros. Para se ter uma idéia de sua importância, o mercado futuro de câmbio movimentava diariamente mais dinheiro do que a junção de todas as bolsas de valores do mundo.

Mercados futuros: são mercados que surgiram da necessidade de produtores, industriais e armazenistas se protegerem da oscilação dos preços de seus produtos. São mercados organizados, onde podem ser assumidos compromissos padronizados de compra ou venda (contratos futuros) de uma determinada mercadoria (*commodity*), ativo financeiro ou índice econômico, para liquidação numa data futura preestabelecida. Pode-se dizer que o mercado futuro é um mercado a termo padronizado, onde são especificados o bem, o seu volume, a data de liquidação e de entrega, especificações essas que são estabelecidas pelas bolsas de futuros.

Quando um negócio é fechado no mercado futuro, as partes não se relacionam entre si. Os corretores são responsáveis perante a bolsa pelas posições assumidas quer pelo comprador quer pelo vendedor. A câmara de compensação da bolsa assume a parte oposta, respectivamente de vendedora e compradora. Assim, tanto para compradores como para vendedores, a credibilidade da parte oposta é garantida pela câmara de compensação, diferentemente do que ocorre no mercado a termo.

Segundo Bessada (2000, p.40), o objetivo da padronização é conferir ao contrato futuro liquidez maior do que o contrato a termo, dando-lhe negociabilidade, o que facilita a sua transferência entre diferentes participantes do mercado, permitindo ampliar ou encerrar antecipadamente os compromissos assumidos mediante operações de natureza inversa.

Por exemplo, quem compra em Março de 2002 contratos futuros de soja na BMF, a R\$ 20,00 por cada saca de 60 kg, para entrega em Dezembro de 2002, liquidará o negócio recebendo a soja em Dezembro de 2002, pagando R\$20,00 por saca, ou simplesmente vendendo o contrato (operação inversa) antes do vencimento (Dez 2002) pelo preço de mercado. Pode-se observar que se o preço de mercado, no instante da venda antecipada, for, por exemplo, R\$ 22,00, obtém-se lucro de R\$ $2,00 \times 500 = \text{R\$ } 1000,00$ por contrato (supondo que cada contrato tenha 500 sacas de soja), mesmo sem a entrega do produto físico (a soja). Esta última situação interessa muito aos especuladores.

Os mercados futuros são constituídos principalmente de dois tipos de participantes:

- a) **O especulador:** É o agente econômico, pessoa física ou jurídica, que não compra nem vende o produto físico, tendo apenas o desejo de lucrar com a oscilação dos preços. Sua presença nos mercados futuros é indispensável, pois é ele que se dispõe a assumir o risco dos *hedgers*, aumentando a possibilidade de realização dos negócios, isto é, a liquidez dos mercados. Nos esforços que fazem para conseguir lucros, os especuladores devem produzir, com a maior precisão possível, as oscilações futuras dos preços. Com vistas a aperfeiçoar essas previsões, o princípio das Elliott Waves é um método que se encaixa perfeitamente neste contexto.
- b) **O hedger.** É o agente econômico que deseja proteger-se dos riscos derivados das flutuações nos preços de commodities, taxas de juros, moedas

estrangeiras, etc. A função do *hedger* é a de administração do risco. *Hedger* é o produtor que vende futuro sua produção por um preço que ele deseja, pois tem medo que os preços caiam. É também o industrial que necessita de matéria prima, logo, tem medo que o preço desta matéria suba. Para se proteger, o industrial compra futuro quando o preço da matéria no mercado futuro lhe parece atraente em termos de estratégia empresarial. Pode-se concluir que o *hedger* está sempre à procura de **estabilidade**. não correndo o risco dos preços tomarem um rumo contrário às suas intenções, transferindo os riscos de **instabilidade** para os especuladores.

Se o especulador achar barato um contrato, ele compra futuro. Se achar caro, ele vende futuro. Portanto, outra função muito importante desempenhada pelo especulador é a de projetar os preços de acordo com a sua percepção das forças do mercado. Ou seja, ele é também responsável pela formação do valor futuro dos preços. Vê-se que as percepções e conseqüentes decisões humanas influenciam realmente os preços, alicerce sobre o qual se desenvolveu a idéia de que as Elliott Waves obedecem padrões previsíveis, que são os padrões encontrados na psicologia das massas, onde o resultado da superposição entre as ondas de desejo, medo e incerteza causa um movimento coletivo de compra ou venda, que produz uma força atuante nas ondas dos preços, fazendo com que estes subam ou desçam conforme a força dominante

2.4.3 Forças que Atuam nos Mercados

- a) **Oferta e procura:** a falta de um produto no mercado físico faz com que automaticamente as pessoas façam uma apreciação alta para o valor deste produto, enquanto que a oferta em demasia do produto causa o efeito inverso. Um fator, considerado de muita relevância pelos agentes de mercado mais sofisticados, que pode gerar a falta ou excesso de um

produto é a **sazonalidade**. Existem épocas do ano em que os preços de qualquer ativo (moedas, grãos, etc.) geralmente sobem, e outras em que geralmente descem. Como exemplo, pode-se constatar que no período que antecede as férias, os preços dos francos suíços sobem, pois muitos turistas vão à Suíça nesta época do ano para prática de esportes na neve. Fora dos mercados futuros, outro exemplo é o preço dos aluguéis nas praias de veraneio que descem durante o inverno. Geralmente, há portanto uma certa periodicidade nos preços devido à sazonalidade.

Estado da arte: no site da *Moore Research Center Inc.(MRCI)* encontra-se casos reais onde os de preços de algumas mercadorias foram influenciadas por ondas sazonais. Consultando o quadro da figura 9, constata-se que a diferença de preços da ração de soja no mercado futuro para os meses de agosto e dezembro geralmente aumenta entre 18 de maio e 20 de julho. Isto aconteceu em todos os anos de 1986 a 2000, com exceção de 1994. Para melhor compreensão do quadro, observa-se que em 18.05.2000 a diferença de preços da ração de soja para agosto de 2000 e dezembro de 2000 era de -0,5, e em 20.07.2000 a diferença é de 2,3. De fato ao consultar-se as cotações da ração de soja em 18.05.2000, junto ao banco de dados do software Gecko Charts (www.geckocharts.com), lê-se o seguinte:

- Preço futuro da ração de soja para agosto de 2000 em 18.05.2000 = 181,5 dólares/ton.
- Preço futuro da ração de soja para dezembro de 2000 em 18.05.2000 = 182 dólares/ton.
- Diferença de preços (*spread*) = $181,5 - 182 = -0,5$.

Da mesma fonte de dados (geckocharts), obtém-se estes preços em 20.07.2000:

- Preço futuro da ração de soja para agosto de 2000 em 20.07.2000 = 153,2 dólares/ton.
- Preço futuro da ração de soja para dezembro de 2000 em 20.07.2000 = 151,1 dólares/ton.
- Diferença de preços (*spread*) = $153,2 - 151,1 = 2,3$

Conforme postulado pela bolsa de mercadorias de Chicago, cada contrato de ração de soja corresponde a 100 toneladas, o que significa que o lucro obtido é $[2,3 - (-0,5)] \times 100$ toneladas = 280 dólares.

A compreensão do quadro leva-nos a concluir que existe uma evidente sazonalidade nos preços futuros da ração de soja entre meados de maio e meados de julho, já que em 15 anos, em apenas um ano esta sazonalidade não se verificou. Há portanto a expectativa de que este padrão se repita no ano de 2001 com uma probabilidade de $14/15 = 93,3\%$.

FIGURA 9 - SAZONALIDADE DE RAÇÃO DE SOJA

Buy Aug 01 Soybean Meal (CBOT)/Sell Dec 01 Soybean Meal (CBOT)										
Enter on approximately 05/18 - Exit on approximately 07/20										
Cont Year	Entry Date	Entry Price	Exit Date	Exit Price	Profit	Profit Amount	Best Equity Date	Best Equity Amount	Worst Equity Date	Worst Equity Amount
2000	05/18/00	-0.50	07/20/00	2.30	2.80	280.00	07/11/00	1200.00		
1999	05/18/99	-5.10	07/20/99	-2.80	2.30	230.00	07/12/99	530.00	05/28/99	-30.00
1998	05/18/98	-3.69	07/20/98	12.50	16.20	1620.00	07/20/98	1620.00	05/19/98	-10.00
1997	05/19/97	47.80	07/18/97	48.50	0.70	70.00	07/14/97	490.00	06/09/97	-1870.00
1996	05/20/96	5.00	07/19/96	11.50	6.50	650.00	07/19/96	650.00	05/29/96	-120.00
1995	05/18/95	-7.00	07/20/95	-6.90	0.10	10.00	06/27/95	60.00	06/20/95	-130.00
1994	05/18/94	5.79	07/20/94	3.39	-2.40	-240.00			06/17/94	-510.00
1993	05/18/93	-1.40	07/20/93	2.60	4.00	400.00	07/19/93	440.00	07/07/93	-120.00
1992	05/18/92	-19.40	07/20/92	-18.40	1.00	100.00	06/22/92	280.00	06/05/92	-10.00
1991	05/20/91	-3.59	07/19/91	1.50	5.10	510.00	07/19/91	510.00	05/23/91	-130.00
1990	05/18/90	-7.19	07/20/90	-3.29	3.90	390.00	07/20/90	390.00	06/29/90	-120.00
1989	05/18/89	10.00	07/20/89	18.10	8.10	810.00	06/26/89	900.00	05/22/89	-280.00
1988	05/18/88	-1.09	07/20/88	8.50	9.60	960.00	06/23/88	1310.00		
1987	05/18/87	-5.80	07/20/87	5.09	10.90	1090.00	07/17/87	1240.00		
1986	05/19/86	-1.69	07/18/86	2.50	4.20	420.00	07/14/86	690.00		
Percentage Correct			93					Protective Stop		(633)
Average Profit on Winning Trades					5.39	538.57	Winners		14	
Average Loss on Trades					-2.40	-240.00	Losers		1	
Average Net Profit Per Trade					4.87	486.67	Total Trades		15	

FONTE: www.mrci.com/client/spreads/strat/s_1802.cfm

b) **Proteção dos preços:** O *hedger* procura por estabilidade, assumindo no mercado futuro uma posição sempre contrária a sua posição no mercado físico, a fim de se proteger de uma oscilação do preço do produto que consome ou produz numa direção indesejável. Um bom exemplo é uma operação de *hedge* que consiste na compra de trigo a futuro por um moinho que vendeu farinha para entrega em data futura. O ponto de partida é a venda de farinha a um cliente, sem que o moinho tenha o estoque correspondente de trigo. Neste caso, o moinho estará vendido (*short*) no mercado à vista. Vendeu a farinha e terá, posteriormente, que comprar o trigo para produzi-la. Se o preço do trigo subir, como já foram acertados os termos financeiros da venda da farinha, incorrerá em prejuízo. Naturalmente, se o preço cair, haverá um ganho. Mas não interessa ao moinho especular com o preço do trigo. O intuito é evitar o risco financeiro decorrente dessa flutuação de preços. A saída seria comprar (posição contrária ao do mercado físico) trigo no mercado futuro, seja por R\$ 10,00 a saca, com vencimento posterior e próximo da época em que irá necessitar do cereal. Permanece então com uma posição comprada (*long*) no mercado futuro. Se na proximidade do vencimento, o preço do trigo estiver mais alto, seja R\$ 13,00, evidentemente o moinho terá um prejuízo no mercado físico. Entretanto, tal prejuízo será compensado pelo ganho de R\$ 3,00 por saca realizado no mercado futuro: comprou futuro a R\$ 10,00 e liquidou a posição vendendo a R\$13,00. Se o preço cair, a compensação se fará ao contrário, onde o ganho no mercado físico se reduzirá com o prejuízo no mercado futuro, no típico caso em que fazer *hedge* acabou sendo desnecessário.

É importante destacar que quanto mais posições compradas são assumidas pelos *hedgers*, maior será a força de subida dos preços no mercado futuro. E quanto mais posições vendidas são assumidas pelos *hedgers*, maior será a força de descida dos preços no mercado futuro.

- c) **Realização de lucros:** O desejo de ganhar por parte dos especuladores é também uma força que atua nos mercados. Um exemplo extremo mas importante no contexto deste item é o caso de alguns mercados futuros pequenos que não possuem proteção jurídica contra a manipulação dos preços, onde o comportamento dos preços corresponde ao comportamento do mega-especulador, ou manipulador, que compra ou vende a maioria dos contratos em aberto. Se o manipulador quiser que os preços subam, eles subirão. Se quiser que desçam, eles descerão. Tal caso ocorreu na Bolsa de Mercadorias de São Paulo (BMSP), que acabou desaparecendo, dando espaço para o aparecimento da BM&F, muito mais protegida.
- d) **A projeção dos preços:** A percepção por parte de economistas, econométristas, *hedgers* e especuladores de qual será a oferta e a procura nos meses futuros influencia o preço dos produtos no mercado futuro. Muitas vezes as projeções de preços feita por especialistas do mercado são falhas, devido a acontecimentos inesperados e aleatórios. Por exemplo, se em Março de 2002 acredita-se que o candidato da oposição ganhará a eleição presidencial no Brasil em Outubro de 2002, as projeções do preço do dólar por parte dos especialistas são forças que participam da formação um preço alto, seja de R\$2,80 por dólar, no mercado futuro para Outubro de 2002. Entretanto, em meados de Agosto ocorre uma virada inesperada nas intenções de voto, e o candidato do governo recupera-se bem nas pesquisas. Tal evento acalma os mercados, e as novas percepções influenciam na descida do preço futuro do dólar para Outubro de 2002, por exemplo para R\$2,50. E no início de Outubro, próximo da data de vencimento dos contratos futuros de dólar Out 2002, quando o preço do dólar futuro é praticamente igual ao preço do dólar no mercado físico, descobre-se que o candidato governista está envolvido em atos de corrupção. Este fato aleatório faz com que ambos os preços disparem para R\$ 2,95. Como verificou-se em seções anteriores, a teoria do caos torna-se muito útil neste contexto, já que através da aproximação de pontos de bifurcação ou de instabilidade consegue-se prever a iminência de mudanças no sistema.

2.4.4 O Comportamento dos Preços

Do que foi apresentado, pode-se inferir que os preços comportam-se de maneira cíclica como consequência da alternância de subidas e descidas, resultante da superposição não linear das forças que atuam no mercado. É importante ressaltar que a palavra cíclica não significa que os preços **p** obedeçam necessariamente a leis matemáticas perfeitamente periódicas do tipo $p(t + T) = p(t)$ para qualquer tempo **t** e período **T**.

Os preços têm as seguintes características cíclicas: volatilidade, direção e velocidade. Tais características podem ser avaliadas através dos gráficos das séries temporais **p** em função de **t**, e de certos indicadores técnicos.

A **análise técnica** ou **grafista** consiste na utilização de métodos não paramétricos de previsão de preços de ativos negociados em mercado. Outro tipo de análise é a **fundamentalista**, que se baseia nos fundamentos das empresas (preço/valor patrimonial, preço/lucro, retorno com dividendos, valor de mercado, dividendo pago por ação, margem líquida, etc.) para determinação do preço justo de suas ações. Citando Miguel D. F. Tavares (1988, p.7):

Partindo do pressuposto da existência de assimetria informacional e de que todo agente, de posse privilegiada de uma informação relevante, aproveita-se desta para operar, a escola técnica conclui ser inútil tentar analisar, por métodos fundamentalistas, qualquer ativo no qual se pretende investir. Não sendo insider quanto às informações relevantes, o investidor outsider só dispõe, com aceitável nível de eficiência, da análise técnica para se posicionar no mercado, sem incorrer em pesados prejuízos por desinformação ou por defasagem no processo de sua difusão. Para o analista técnico o preço futuro de um ativo é função de seus preços passados. Isso equivale a dizer que preços em mercado não se ajustam, instantaneamente, às informações que lhes dizem respeito. Ou seja, os preços de ativos transacionados em mercado têm tendência.

O princípio das Elliott Waves insere-se dentro da análise técnica, e pode ser utilizado junto com outros indicadores técnicos:

- a) Média móvel (*Moving average*): A média móvel aritmética do preço de fechamento dos últimos n dias de mercado. Por exemplo, a média móvel de 15 dias é o somatório dos últimos 15 fechamentos dividido por 15. Uso: a média móvel suaviza as flutuações nos preços e apresenta claramente a tendência subjacente de alta (*bullish*), de baixa (*bearish*) ou indefinida (*sideways*). Muitos dos sistemas de negociação (*trading systems*) são baseados na análise do comportamento dos preços vis-a-vis a média móvel. No anexo1 mostra-se o exemplo de um gráfico de barras dos preços do índice *Dow Jones Industrial* plotado junto com a média móvel de 10 dias. Interpretação: o mercado é considerado positivo quando a média móvel está subindo e os preços estão acima dela. O mercado fica negativo quando a média móvel está caindo e os preços abaixo dela. Qualquer outra combinação deve ser considerada neutra.
- b) Volume: A quantidade de contratos futuros negociada ao longo de um pregão. Uso: confirmar a tendência dos preços. No anexo1 o volume aparece na cor verde abaixo do gráfico de preços. Interpretação: aumentos no volume representam expectativas de flutuações significativas no preço. Isto faz com que a variação no volume geralmente se antecipe à variação no preço e ao mesmo tempo serve para reforçá-la. Alta (ou baixa) nos preços acompanhada por alta no volume sugere nova alta (ou baixa) no preço.
- c) Contratos em aberto (*Open Interest*): A quantidade dos contratos futuros que não foram liquidados e ainda estão em aberto. Uso: confirmar a tendência dos preços. No anexo1, é a linha vermelha que aparece na parte de baixo do gráfico. Interpretação: o aumento dos contratos em aberto representa a entrada de novos participantes no mercado. Isto, quando acompanhado por altas (ou baixas) no preço, sugere novas posições compradas (ou vendidas) reforçando a tendência altista (ou baixista) dos preços.

d) Oscilador (*Oscillator*), momento (*momentum*), Índice de força relativa (*relative strenght index* - RSI), índice de demanda (*demand index*), convergência/ divergência das médias móveis (*moving average convergance/divergance* - MACD), diferença absoluta (*spread*), estocástico (*stochastic*), volatilidade histórica (HVOL): são outros indicadores que podem complementar a análise dos preços.

O item d não será apresentado em detalhes neste trabalho, pois a explicação dos três primeiros indicadores será suficiente para se ter uma idéia de como tais indicadores, junto com a sazonalidade, podem auxiliar o princípio das ondas Elliott na previsão dos próximos movimentos do mercado.

O quadro a seguir apresenta um resumo das principais combinações das relações entre movimentos nos preços e variações no volume e nos contratos em aberto.

QUADRO 1 - PRINCIPAIS COMBINAÇÕES DAS RELAÇÕES ENTRE MOVIMENTOS NOS PREÇOS E VARIAÇÕES NO VOLUME E NOS CONTRATOS EM ABERTO

PREÇO	VOLUME	CONTRATOS EM ABERTO	TENDÊNCIA	INTERPRETAÇÃO
Sobe	desce	sobe	altista	Tendência altista
Desce	desce	sobe	baixista	Tendência baixista
Sobe	sobe	sobe	altista	forte tendência altista
Desce	sobe	sobe	baixista	forte tendência baixista
Desce	desce	desce	altista	cobertura de posições vendidas: reversão de tendência
Sobe	desce	desce	baixista	liquidação de posições compradas: reversão de tendência.
Desce	sobe	desce	altista	forte cobertura de posições vendidas: reversão de tendência
Sobe	sobe	desce	baixista	forte liquidação de posições compradas: reversão de tendência.

FONTE: LEVY, Samuel [s.d]

2.5 Evolução Econômica e a Complexidade

Segundo Haugen (2000, p.15), a evolução das finanças acadêmicas pode ser aproximadamente dividida em três períodos:

a) **Finanças antigas**

Tema: Análise de demonstrações financeiras e natureza dos títulos de crédito.

Paradigmas: Análise das demonstrações financeiras (Graham & Dodd).

Usos e direitos de títulos de crédito (Dewing).

Base: Contabilidade e direito.

b) **Finanças modernas (início na década de 50)**

Tema: Avaliação baseada no comportamento econômico racional.

Paradigmas: Teoria moderna da otimização das carteiras de investimento ou *portfolios* (Markovitz). Irrelevância (Modigliani e Miller). Modelo de determinação dos preços de ativos CAPM (Sharp, Lintner & Mossen). Hipótese dos mercados eficientes EMH (Fama).

Base: Economia.

c) **Novas finanças** (a partir da década de 90)

Tema: Mercados ineficientes.

Paradigmas: Modelos de fator *ad hoc* indutivos. Retorno esperado (Haugen). Risco (Chen, Roll e Ross). Modelos comportamentais (Kahneman & Tversky).

Base: Estatística, econometria, psicologia.

Profissionais da área de análise técnica dos mercados de ações e moedas, assim como investidores individuais, sabem muito bem que preços cotados em qualquer mercado financeiro variam com a velocidade de uma parada cardíaca. Fortunas mudam de dono em estouros momentâneos de atividade, onde o mercado varia mais intensamente devido ao aumento repentino de volatilidade. Num único dia, uma ação ou moeda pode chegar a uma valorização de 15% em decorrência da divulgação de uma melhor classificação de risco de uma empresa ou país por uma agência como a Mody's ou a Standard and Poors. Pode ocorrer numa única hora uma desvalorização de 40%, como no caso das ações de empresas de seguro após o ataque terrorista ao World Trade Center em 11 de Setembro de 2001.

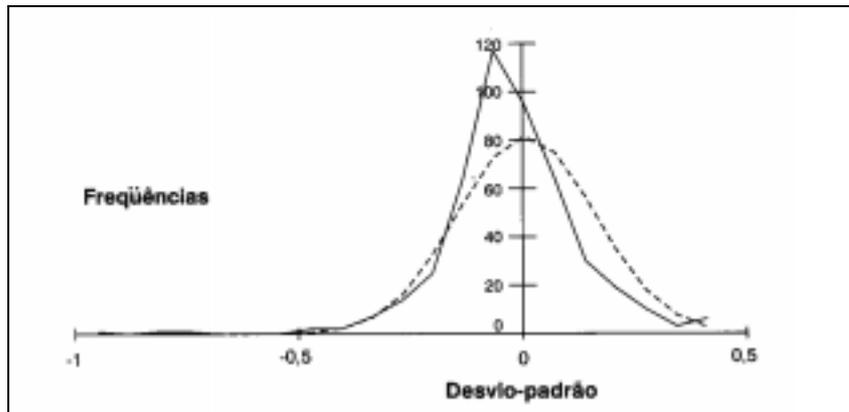
Os modelos clássicos de previsão financeira utilizados antes do início das novas finanças pela maioria dos analistas não previam o acontecimento de tais eventos surpresa. Um dos fundamentos das finanças modernas é a teoria da otimização de *portfolios* ou carteiras de Markovitz, que tenta maximizar os lucros advindos das ações que compõem tais carteiras, a partir um nível aceitável de risco.

Com o intuito de facilitar os modelos, a matemática por traz desta teoria negligencia situações extremas do mercado, considerando tais mudanças bruscas como eventos tão improváveis para se preocupar ou quase impossíveis de serem levados em conta. É verdade que a teoria das carteiras se preocupa com o que ocorre em 95% do tempo nos mercados. Mas o retrato que ela apresenta não reflete a realidade, já que os eventos mais significantes fazem parte dos 5% restantes. Uma analogia pode ser feita com o marinheiro. Se as condições atmosféricas em alto mar são moderadas 95% do tempo, será que tal marinheiro pode se dar ao luxo de ignorar a possibilidade de um tufão?

As fórmulas de redução do risco por traz da teoria das carteiras de Markovitz se baseiam em algumas premissas sem fundamento. Primeiro, ela sugere que as mudanças nos preços são estatisticamente independentes entre si. Por exemplo, que o preço de uma ação hoje não influencia na mudança do preço corrente para o preço de amanhã. Segundo, as mudanças de preços são distribuídas num padrão conforme à distribuição normal, a curva em forma de sino tradicionalmente estudada em estatística. A largura da curva normal (que depende do seu desvio padrão) determina quão longe os preços divergem da sua média. Eventos extremos são considerados extremamente raros. Na prática, tufões são considerados como inexistentes.

Segundo Benoit Mandelbrot (1997), Chorafas (1994) e Gleiser (2002), os bancos de dados anuais, mensais ou até mesmo diários referentes aos preços das ações não revelam a distribuição normal, e sim uma distribuição chamada **leptocúrtica**. As distribuições normal e leptocúrtica são mostradas a seguir.

FIGURA 10 - DISTRIBUIÇÃO NORMAL E LEPTOCÚRTICA



FONTE: GLEISER (2002, p.222)

Como pode-se observar na figura anterior, a distribuição leptocúrtica possui uma cauda mais alongada, logo os eventos que se encontram mais distantes da média, ou seja, os mais raros, possuem uma probabilidade maior de ocorrência do que se fossem considerados numa distribuição normal. Gráficos de variação de preços de ações ou moedas em função do tempo realmente revelam um plano de fundo constante de pequenas subidas e descidas, mas não tão uniforme a ponto das variações nos preços se distribuírem segundo a curva normal. Estes padrões, entretanto, constituem apenas um aspecto do gráfico. Um número substancial de mudanças grandes e súbitas – "bicos" compridos e íngremes para cima e para baixo que destoam com o resto do gráfico – ficam fora do plano de fundo das perturbações moderadas. Além do mais, a magnitude dos movimentos dos preços, tanto grande como pequena, pode permanecer grosseiramente constante durante um ano, e então subitamente a volatilidade pode aumentar por um período extenso. Grandes saltos de preços tornam-se mais comuns a medida que a turbulência ou volatilidade do mercado aumenta - grupos de saltos ou bicos aparecem no gráfico.

De acordo com a teoria do *portfolio*, a probabilidade de ocorrência destas grandes flutuações seriam poucos milionésimos de um milionésimo de um milionésimo (flutuações maiores que 10 desvios padrão). Mas de fato, pode-se observar saltos íngremes numa base regular – tão freqüente quanto cada mês – e a

probabilidade desses saltos chega a alguns centésimos. Tradicionalmente, a curva em sino é descrita como a curva normal. Mas os mercados financeiros deveriam ser considerados anormais? Evidente que não. Os mercados possuem sua própria natureza. O que está falhando é a teoria dos *portfolios*.

Como contribuição desta dissertação, pode-se incluir na base de estudo das novas finanças de Haugen a teoria transdisciplinar do caos determinístico, construída por vários cientistas já citados e também a teoria da complexidade, da qual serão citados outros cientistas ou descobertas de relevância maior no campo da economia, obtendo-se assim um maior encaixe teórico para a alternativa de previsão de mercados proposta por esta dissertação:

- a) **Stuart Kauffman**, um dos criadores da ciência da complexidade, biólogo do Instituto Santa Fé, defensor da tese de que a vida é um sistema que emerge da organização espontânea (*order for free*) entre órgãos individuais. Esta propriedade desaparece se as partes individuais forem separadas. Ou seja, o todo é maior que a soma de suas partes. O estudo dos sistemas dinâmicos complexos não pode ser feito de forma reducionista, já que ao se separarem as partes, o sistema perde suas características, que só podem ser observadas de forma holística. Da interação entre as partes individuais em nível local emerge algum tipo de propriedade global, que não poderia ser prevista com o que se sabe sobre as partes individuais. Esta propriedade global (*output*), por sua vez, volta a ser uma das entradas (*inputs*) do sistema, em forma de realimentação (*feedback*). Assim, as partes individuais afetam o comportamento do sistema como um todo, mas também são afetadas por ele. O efeito *feedback* é então responsável pela **adaptabilidade** do sistema ao meio ambiente. Um tipo de propriedade que emerge em sistemas complexos é a organização espontânea, ou **auto-organização**. Um exemplo de auto-organização seria a bolsa de mercadorias e futuros, onde *hedgers* e especuladores individuais, tentando satisfazer suas necessidades

materiais de estabilidade e lucro, através de atos de compra e venda de contratos futuros, organizam-se sob a forma de um mercado futuro, onde os próprios agentes do mercado, por adaptação, aprendizado e experiência, formulam regras para um bom funcionamento e solvência das operações, sem que haja a intervenção de um órgão centralizador, como se guiados por uma "mão invisível", como já dizia o economista escocês Adam Smith. A não interferência de um planejador central desencadeando o processo evolutivo de um sistema foi chamada por Kauffman de **ordem emergindo de graça** (*order for free*), e a liberdade entre as conexões do sistema permite que este se adapte às novas instabilidades do meio. Kauffman defende portanto que a evolução de um sistema vivo não ocorre sob forte intervenção centralizada, onde tudo está em ordem e rigidamente determinado, e também não ocorre num ambiente altamente instável e caótico. O sistema vivo tem uma ordem espontânea que se adapta criativamente à novas possibilidades e acasos. Esta idéia de um sistema caminhar no limiar, na margem entre a ordem e o caos, pode ser encontrada no livro "O que é vida? 50 anos depois, especulações sobre o futuro da biologia" (1995, p.121), onde Kauffman faz referência ao exemplo de seu estudo, o sistema das redes booleanas, mas cujo enfoque também pode ser aplicado ao sistema financeiro:

Depois de quase três décadas de estudos, ficou claro que as grandes redes booleanas se comportam em termos genéricos segundo um de três regimes, um caótico, outro ordenado e outro complexo nas proximidades da transição da ordem para o caos. Destes três, talvez [o último, onde] o aparecimento de um regime ordenado coordenando as atividades de milhares de variáveis binárias é o mais atraente para os nossos propósitos. Esta ordem coletiva e espontânea, eu creio, pode ser uma das mais profundas fontes de ordem no mundo biológico".

O sistema financeiro é um sistema complexo que está entre esses dois

extremos. Ele é estável na maior parte do tempo mas se adapta às instabilidades, grandes perturbações aleatórias como um *crash* na bolsa de valores, um ataque terrorista ou a perda total de uma lavoura devido à tempestade. Ele está à margem do caos: o ponto onde chance e necessidade coexistem. Para Stuart Kauffman (Gleiser, 2002, p.61), sistemas à margem do caos são capazes de sobreviver e se adaptar mais efetivamente em ambientes turbulentos por estarem em sua melhor forma.

- b) **Lei das potências.** Também chamada de lei escalante, é a expressão matemática:

$$N(s) = C \cdot s^{-D}$$

onde **N** representa o número de objetos ou acontecimentos, **s** representa a magnitude desses objetos ou acontecimentos, **C** é uma constante e **D** é uma dimensão fractal. O caráter especial da lei de potência evidencia-se quando se relaciona o logaritmo de **N** com o logaritmo de **s**: a relação log-log é linear, ou seja, seu gráfico é uma reta. A linearização ocorre porque aplicando-se o logaritmo decimal em ambos os membros da equação $N = C \cdot s^{-D}$, obtém-se a fórmula de uma função do primeiro grau ($y = ax + b$):

$$\log(N) = -D \cdot \log(s) + \log(C)$$

Portanto teremos como resultado da linearização uma reta decrescente, cujo módulo de seu coeficiente angular é a dimensão fractal **D**.

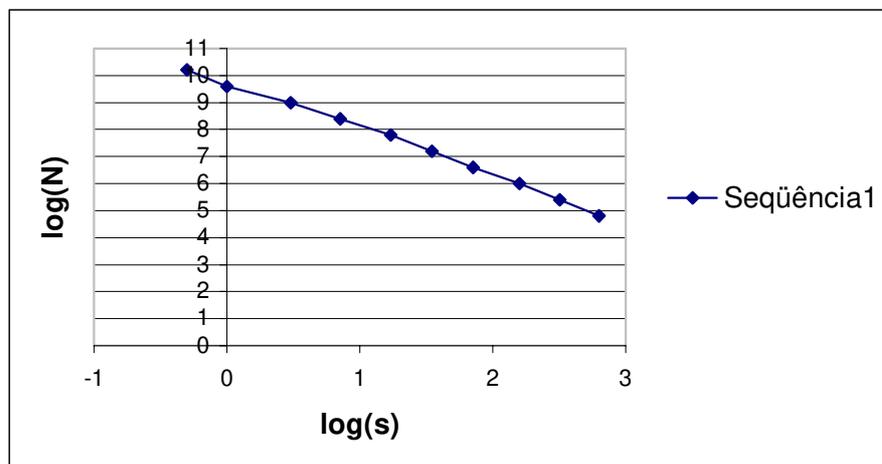
Um dos casos mais notáveis de aplicação da lei de potência é o da indústria de semi condutores. Vale para ela uma lei descoberta por Gordon E. Moore (Guedes, 1999, p.186), executivo da Intel: ao longo de trinta anos a indústria dos semi condutores seguiu, com fidelidade exemplar, a mesma curva, quadruplicando a capacidade dos chips a cada três anos. Na tabela 1 e na figura 11 estão a tabela e o gráfico referentes à capacidade de memória do chip (**N**) e o custo por bit (**s**) para produzir tal capacidade.

TABELA 1 - LEI DE MOORE

Ano	N	Log(N)	S	Log(s)
1980	64kb	4.8	600	2.8
1985	256kb	5.4	300	2.5
1988	1Mb	6.0	145	2.2
1990	4Mb	6.6	71	1.85
1993	16Mb	7.2	35	1.54
1995	64Mb	7.8	17	1.23
1998	256Mb	8.4	7	0.85
2001	1Gb	9.0	3	0.48
2004	4Gb	9.6	1	0
2007	16Gb	10.2	0.5	-0.3

FONTE: GUEDES (1999, p.187)

FIGURA 11 - LEI DE POTÊNCIA DA INDÚSTRIA DE SEMI CONDUTORES



FONTE: GUEDES (1999, p.187)

A quantidade e a variedade de fenômenos naturais, físicos, químicos, biológicos, antropológicos, geográficos, urbanísticos, **econômicos**, sociais, políticos, patológicos, artísticos, históricos, etc, que obedecem a uma lei de potência constitui uma das mais impressionantes revelações que a ciência proporcionou desde tempos não distantes.

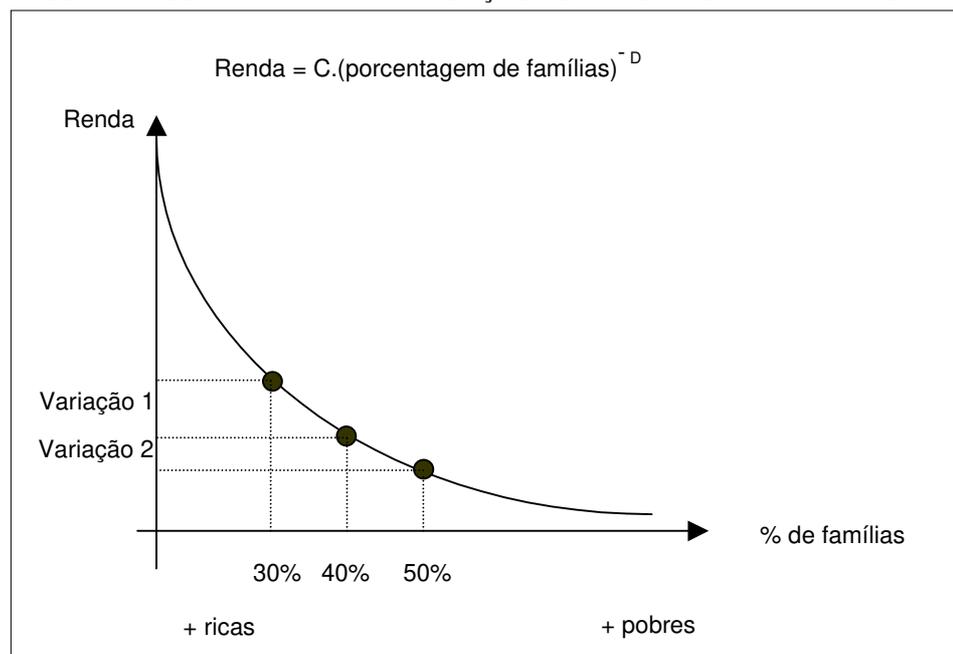
Sem preocupação com a sistematização, Guedes (1999, p.189) indica um grande número de fenômenos caindo nas mais diversas disciplinas e que obedecem uma lei de potência:

- 1) Catástrofes naturais como sismos, choques de meteoritos com a terra, extinções e explosões das espécies biológicas.
- 2) Distribuição de indicadores físicos como comprimentos, pesos, superfícies nas várias espécies animais.

- 3) Fronteiras geográficas, costas marítimas.
- 4) Preços de mercadorias, cotações bolsistas, taxas de juro e taxas de câmbio, que será abordado com cuidado na seqüência deste trabalho a partir das pesquisas de Benoit Mandelbrot.
- 5) Fenômenos biológicos e clínicos.
- 6) Ruído rosa ou ruído $1/f$, como na música, cheias de rios, pulsares e quasares, tráfego automóvel, distribuição das galáxias no universo, temperatura global do planeta
- 7) Lei de Pareto

Economista da Universidade de Turim, Pareto é responsável pela lei de distribuição de renda, cujo objetivo era provar que a distribuição de renda e riqueza na sociedade **não era aleatória** e sim seguia padrões consistentes que se formavam ao longo da história do mundo e das sociedades. Pareto descobriu que se classificarmos as famílias de um determinado país pelo seu nível de renda, observamos que a renda não cresce proporcionalmente, mas segundo uma curva, mostrada na figura 11:

FIGURA 11 - CURVA DA RENDA EM FUNÇÃO DO PERCENTUAL DE FAMÍLIAS



FONTE: O autor

Se a renda crescesse proporcionalmente e uma família no 40-ésimo percentil ganhasse 20% a menos do que uma família no 30-ésimo percentil, uma família no 50-ésimo percentil ganharia também 20% a menos do que uma família no 40-ésimo percentil (variação 1 = variação 2). Contudo, observando-se o decrescimento exponencial do gráfico acima, a variação 1 é maior que a variação 2, e as variações tornam-se cada vez maiores subindo-se a curva, isto é, pequena porcentagem de famílias ricas detém a maior parte da riqueza, e enriquece cada vez mais. Uma pequena porcentagem, seja de 0,01% das famílias por exemplo, é muito rica e é capaz de ditar o rumo da economia. Será visto posteriormente que Mandelbrot também percebeu isto em relação ao mercado acionário: são quedas ou subidas de altíssima amplitude que determinam o andamento dos mercados, mesmo aparecendo em pequenas porcentagens de tempo, desprezadas pela Hipótese dos Mercados Eficientes, já que estes eventos de relevância são praticamente inexistentes para a distribuição normal.

Usando uma bateria de dados sobre o rendimento pessoal, Pareto verificou que a combinação dos logaritmos dos rendimentos pessoais com os logaritmos do número de pessoas com os respectivos rendimentos caía sobre uma reta. Como sabemos, isto quer dizer que a distribuição do rendimento segue uma lei de potência. O exame empírico a várias sociedades em diferentes épocas e diferentes escalas (rendimentos mensais e rendimentos anuais) mostrou que o valor do expoente **D** apresentava valores surpreendentemente constantes e próximos de 1.5, ou seja, 3/2, que é uma dimensão fracionada ou **fractal**, independente da escala. É por isso que a lei de potência é também chamada de **lei escalante**.

Em termos matemáticos, tomando-se o logaritmo da equação da renda tem-se:

$$\text{Renda} = C.(\% \text{ famílias})^{-D}$$

$$\text{Log}(R) = -D.\text{log}(\% \text{ famílias}) + \text{log}(C)$$

$$\text{Log}(R) = -1,5.\text{log}(\% \text{ famílias}) + \text{log}(C)$$

Obtém-se assim uma reta decrescente de coeficiente angular $-1,5$. Em termos práticos, quando o nível **R** de rendimento aumenta por exemplo de 10%, o número de pessoas que disporá deste rendimento superior diminuirá de 15%. As implicações são importantes: se em todas as épocas e latitudes desde a implantação do capitalismo, o valor de **D** for inferior a -1 , conclui-se que as sociedades capitalistas têm uma tendência genética para a criação e agravamento da desigualdade, onde ricos ficam mais ricos, devido à realimentação positiva, ou os chamados **retornos crescentes** estudados por Brian Arthur (Waldrop, 1992, capítulo 1).

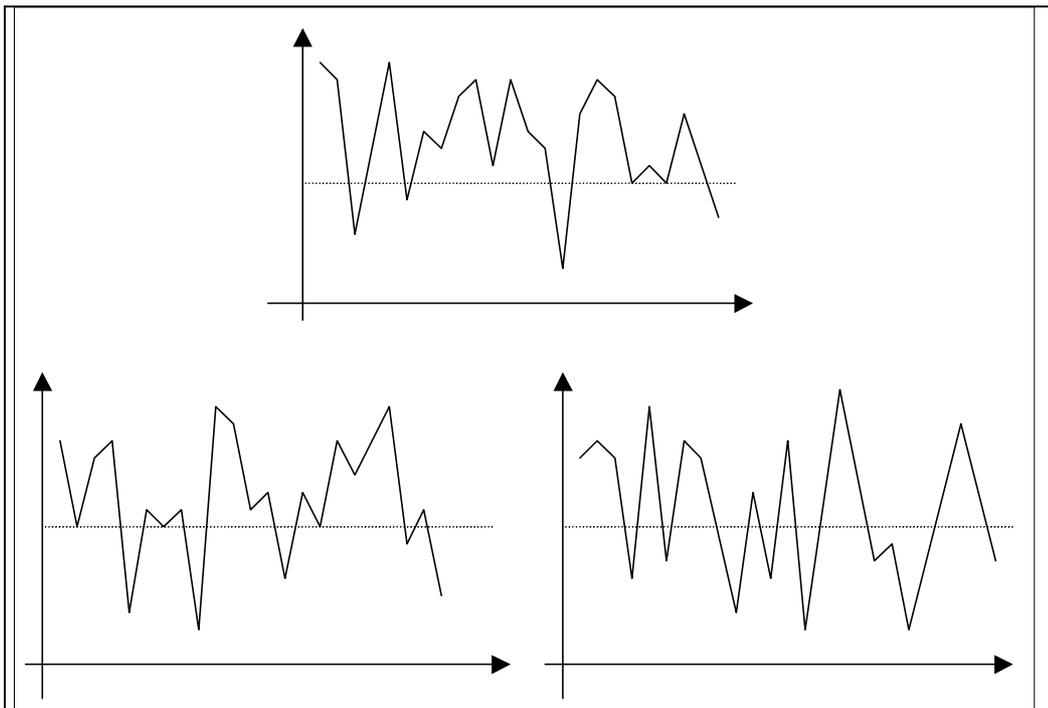
- c) **Brain Arthur**, Ph.D. pela Universidade da Califórnia, um dos primeiros a contrariar a hipótese do investidor racional e da estabilidade dos mercados eficientes. No livro "*Complexity, the emerging science at the edge of order and chaos*", Waldrop (1992, p.37) cita o quadro resumo que Arthur elaborou como síntese da evolução do estudo econômico, completando e atualizando a evolução das finanças de Haugen:

QUADRO 2 - EVOLUÇÃO ECONÔMICA SEGUNDO BRIAN ARTHUR

VELHA ECONOMIA	NOVA ECONOMIA
Retornos decrescentes [feedback negativo]	Retornos crescentes [feedback positivo, acarretando opiniões em comum e formação de tendências de mercado]
Baseada na física do século 19 [newtoniana] (equilíbrio, estabilidade, determinismo).	Baseada na biologia (estruturas, padrões, auto organização, ciclos de vida)
Pessoas são idênticas [por reducionismo estuda-se o mercado dividindo-o em suas partes - as pessoas - e somando linearmente suas contribuições].	Pessoas diferentes [se relacionando, e no conjunto emergem novas propriedades que seriam inexistentes nas partes].
Se não existissem fatos aleatórios externos [estabilidade eterna] e todas as pessoas possuísem habilidades iguais, encontraríamos o Nirvana.	Fatos aleatórios externos e diferenças são a força motora. Não há Nirvana, os sistemas estão constantemente se adaptando [passando por instabilidades]
Elementos são quantidades e preços	Elementos são padrões e possibilidades. [Nisto baseiam-se as ondas Elliott].
Não há dinâmica real já que tudo está em equilíbrio.	Economia está constantemente no limiar do caos. Estruturas constantemente se aglutinando, decaindo, emergindo, mudando.
Economia é estruturalmente simples	Economia é estruturalmente complexa
Economia é física	Economia é ciência de alta complexidade.

d) **Benoit Mandelbrot**, responsável pela criação e estudo dos fractais. Uma das mais fecundas aplicações da matemática e geometria fractal é a do mercado de títulos, das séries de preços nas bolsas de valores, das taxas de juro e das taxas de câmbio. Todas as variáveis econômicas citadas são objeto de modelização por auto afinidade com resultados incomparavelmente superiores aos métodos consagrados na matéria. Assim, enquanto as formas fractais geradas por computador exibem uma auto referencialidade (partes são cópias exatas do todo) espacial, as séries temporais exibem uma auto afinidade temporal. Mesmo sem os conhecimentos matemáticos desenvolvidos na obra "*Fractals and scaling in finance*" (Mandelbrot, 1997), é fácil compreender o alcance da analogia. Na figura 12 mostram-se três séries temporais de observações consecutivas do índice de ações americano *Standart & Poors* 500 (S&P 500). Uma das séries é diária, outra é semanal e uma terceira é mensal. Por mais atentamente que se examinem os gráficos, é completamente impossível saber qual é qual tão semelhantes eles são.

FIGURA 12 - TRÊS SÉRIES TEMPORAIS DO ÍNDICE S&P 500



Mandelbrot também reintegrou o caos determinístico no acaso, ao definir o acaso dividindo-o em três famílias com gêneses totalmente distintas. Primeiro, o **acaso benigno** de que é paradigma o movimento browniano e que tem uma distribuição de probabilidade gaussiana; segundo, o **acaso selvagem ou maligno**, de que são paradigmas os fractais (movimento browniano fracionado) e uma distribuição própria numa lei de potência ou escalante, situação extensível a uma infinidade de fenômenos já citados; terceiro, o **acaso lento**, uma forma em que o primeiro se manifesta ao fim duma duração indeterminável. As conseqüências podem, desde já, ser contempladas: todos os fenômenos que entram regime dinâmico determinístico – acaso selvagem – **são definitivamente improbabilizáveis**. O que virá a significar para muitos dos modelos econômicos tradicionais previamente citados que suas suposições de um mercado financeiro estável, linear e racional são pouco menos que uma catástrofe.

O método das ondas Elliott (Ralph N. Elliott) pode ser considerado uma aplicação prática e empírica dos fractais de Mandelbrot.

3 CONHECIMENTOS APLICADOS

3.1 Aplicação dos Fractais nos Mercados Financeiros

Estudando novas opções de análise dos mercados, Benoit Mandelbrot (*Scientific American*, Fevereiro 1999) diz que as variações dos preços nas finanças podem ser analisados por um modelo derivado de seu trabalho com a geometria fractal:

Os fractais – ou suas elaborações posteriores, chamadas de multifractais – não pretendem prever o futuro com certeza absoluta. Mas eles realmente criam um quadro mais realista dos riscos do mercado. Dados os recentes problemas com os novos tipos de investimento chamados hedge funds [fundos de proteção], seria imprudente não investigar modelos que possibilitem uma estimativa mais acurada dos riscos.

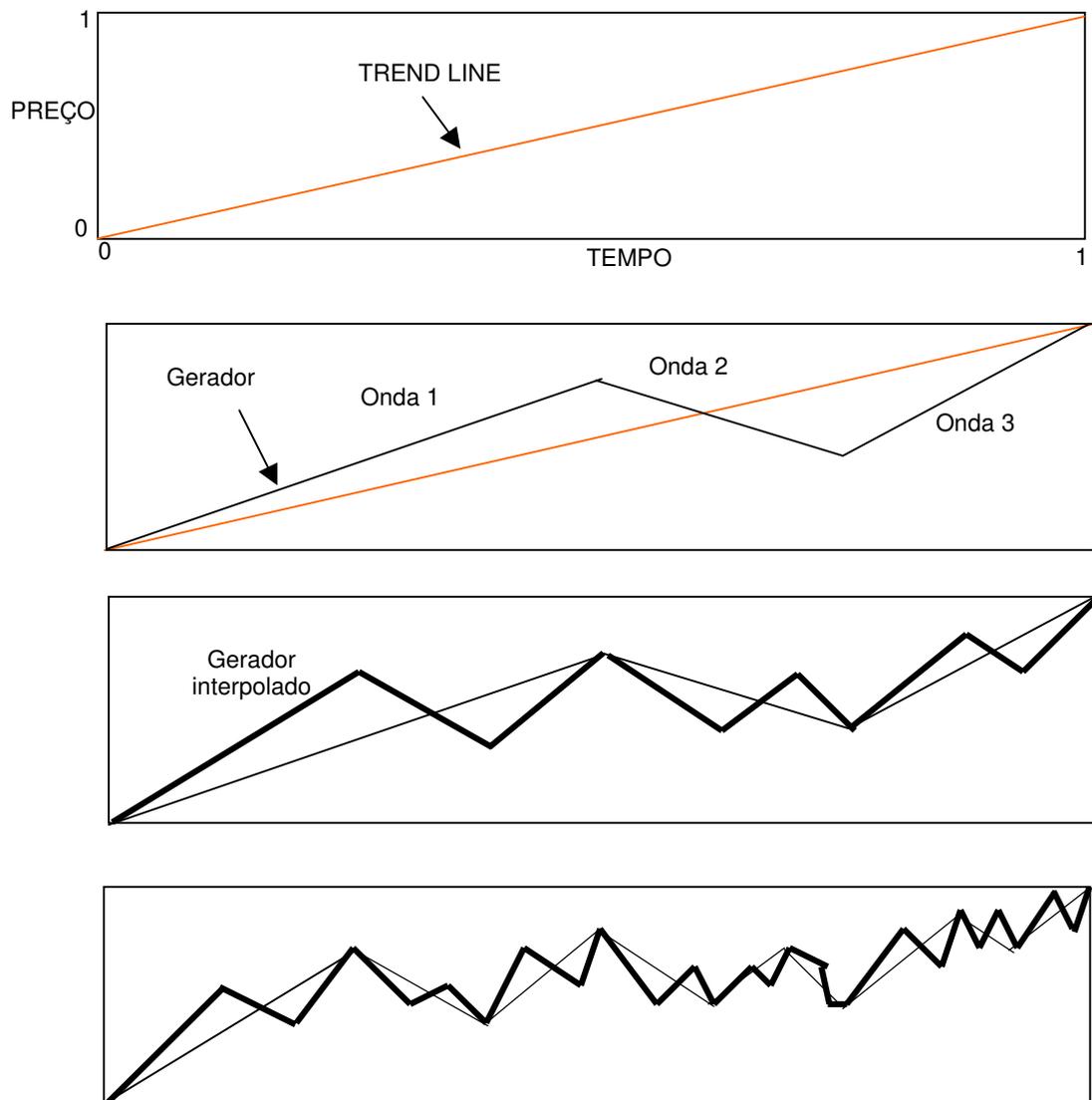
Uma extensiva base matemática já existe para os fractais e multifractais. Os padrões fractais não aparecem apenas nas mudanças dos preços de ações mas na distribuição de galáxias através do cosmos, no formato dos contornos litorâneos que separam a terra do mar, na simples lei de formação de folhas e caules de várias plantas com aparência complexa, e nos desenhos decorativos gerados por inumeráveis programas de computador.

Como visto anteriormente, um fractal é uma figura geométrica que pode ser separada em partes, onde cada uma destas partes é uma versão em escala reduzida da figura inteira. Nas finanças, este conceito não é uma abstração sem fundamentos mas sim uma reformulação teórica. Segundo Benoit Mandelbrot (1997), os movimentos das ações ou moedas são muito parecidos quando vistos em gráficos de mercado que são ampliações ou reduções de um gráfico inicial. Um observador não consegue dizer qual dos dados corresponde a preços que variam de mês em mês, de semana em semana ou de dia em dia. Esta qualidade define os gráficos de ações e moedas como curvas fractais e torna disponível a utilização de novas ferramentas de matemática e análise computacional.

Para que a explicação sobre como os fractais aparecem nos gráficos de variação de preço em função do tempo se torne mais concreta, Mandelbrot propôs a construção de um gráfico simples que insere mudanças de preço desde o instante de tempo $t = 0$ até $t = 1$ em passos sucessivos. Os intervalos de tempo contidos entre 0 e 1 são escolhidos arbitrariamente, podendo representar um segundo, uma hora, um dia, um mês, ou um ano.

O processo começa na figura 13 com uma linha de tendência (trend line) que vai do ponto $(0,0)$ ao ponto $(1,1)$. Elliott chamaria esta linha reta de onda.

FIGURA 13 - GERADOR DE 3 ONDAS



FONTE: MANDELBROT (1999)

Depois, uma linha quebrada chamada **gerador** é usada para criar o padrão que corresponde à oscilação sobe-desce-sobe de um preço cotado no mercado financeiro. O gerador consiste em três pedaços que são inseridos ou interpolados ao longo da linha de tendência anterior. Então, cada um dos três pedaços é fractalmente interpolado por outros três pedaços menores de mesmo padrão que o gerador. Repetindo-se esse processo, reproduz-se sempre o mesmo formato do gerador, só que em menor escala.

Apenas os primeiros estágios são mostrados na figura 13, entretanto tal processo pode continuar. Teoricamente, ele não tem fim. Mas na prática, não há sentido em interpolar segmentos até intervalos de tempo menores que aqueles entre transações financeiras, que podem ocorrer em menos de um minuto. Claramente, cada pedaço acaba grosseiramente se parecendo com o todo, havendo portanto **invariância quanto à escala**, ou seja, auto similaridade. Pode-se observar que neste exemplo a auto similaridade **não é estrita**, seguindo a definição dada por Karas & Serra (1997). A novidade e surpresa é que estas curvas fractais exibem uma riqueza de estrutura – um fundamento tanto da geometria dos fractais como da teoria do caos.

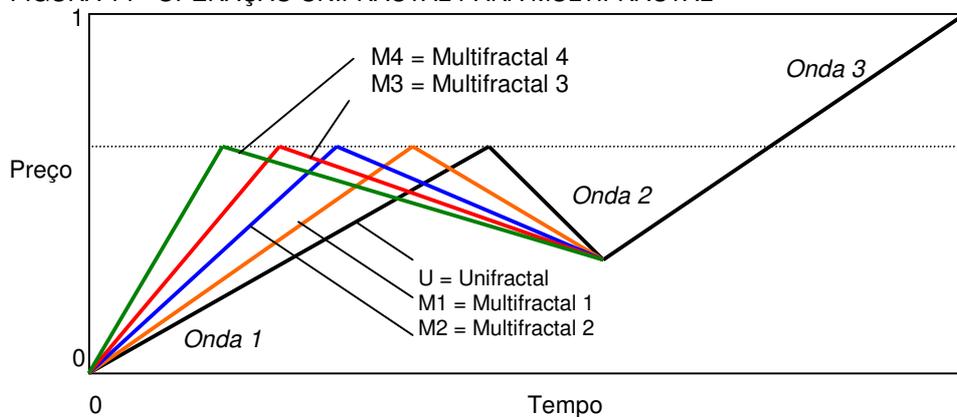
Alguns geradores selecionados produzem estas curvas chamadas **unifractais**, que exibem um quadro relativamente tranqüilo do mercado financeiro, quadro este que sustenta a teoria moderna do portfólio. Mas tranqüilidade se manifesta sob extraordinárias e especiais condições satisfeitas apenas por estes geradores especiais. Os problemas por traz deste modelo simplificado são alguns dos erros centrais da teoria do portfólio. Metaforicamente, é como se uma teoria sobre as ondas do mar proibisse a formação de ondas com mais de 2 metros.

A importância da geometria dos fractais é que ela possibilita um modelo genérico o suficiente para reproduzir os padrões que caracterizam os mercados de baixa volatilidade da teoria do portfólio assim como as situações tumultuadas de maior volatilidade, com quedas ou subidas rápidas e elevadas. O método

previamente descrito para se criar um modelo fractal de preços pode ser alterado para mostrar como a atividade dos mercados pode se tornar mais veloz ou mais lenta - a essência da volatilidade. Esta variabilidade é o motivo pelo qual se insere o prefixo "multi-" na palavra "fractal".

Para se criar um multifractal a partir de um unifractal, o passo chave é alongar ou encurtar o eixo de tempo horizontal tal que os pedaços do gerador sejam esticados ou comprimidos. Ao mesmo tempo, o eixo vertical de preço deve permanecer o mesmo. Na figura 14, o primeiro pedaço do gerador unifractal é progressivamente encurtado, automaticamente alongando o segundo pedaço. Após estes ajustes, o gerador se torna multifractal (M1 até M4). Pela figura 14, pode-se ver que volatilidade é alterada, já que o preço sobe mais rapidamente no primeiro pedaço e desce mais devagar no segundo pedaço.

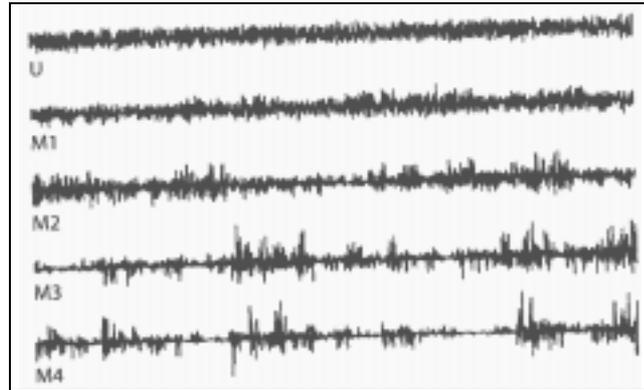
FIGURA 14 - OPERAÇÃO UNIFRACTAL PARA MULTIFRACTAL



FONTE: MANDELBROT (1999)

Segundo Mandelbrot (1999), tais alterações no gerador podem produzir uma simulação completa das flutuações de preços num dado período de tempo, usando o processo de interpolação descrito anteriormente. À medida que o primeiro pedaço do gerador é comprimido - e o processo de sucessivas interpolações continua - produz-se um gráfico que cada vez mais se aproxima dos gráficos que caracterizam mercados voláteis. A figura 15 mostra a volatilidade correspondente a cada situação U, M1, M2, M3, M4, onde M4 é o mercado com atividade mais volátil.

FIGURA 15 - AUMENTO DA VOLATILIDADE



FONTES: MANDELBROT (1999)

Na figura 15, a volatilidade do unifractal (U) corresponde aos mercados tranquilos da teoria dos portfólios. O gráfico U ilustra as flutuações de preço introduzidas em 1900 pelo matemático francês Louis Bachelier. Segundo Bachelier, citado por Mandelbrot (1999, p.53), as mudanças nos preços seguiriam a chamada "random walk", que está de acordo com a distribuição normal (bell curve) e a teoria dos portfólios. Prosseguindo de cima para baixo na mesma figura (M1 para M4), cada gráfico diverge cada vez mais do modelo inicial, exibindo saltos pontudos e abruptos e a persistência de movimentos bruscos e elevados, decorrentes de fortes especulações ou eventos externos, como os recentes ataques terroristas. Para tornar estes modelos de mercados voláteis ainda mais realistas, os três pedaços de cada gerador foram **permutados**, da seguinte maneira: utiliza-se um dado de seis faces, onde cada uma delas corresponde a uma das seis permutações possíveis com os três pedaços do gerador (123, 132, 213, 231, 312, 321). Antes de cada interpolação, o dado é lançado, e a permutação correspondente a face que ficou para cima é aplicada no processo.

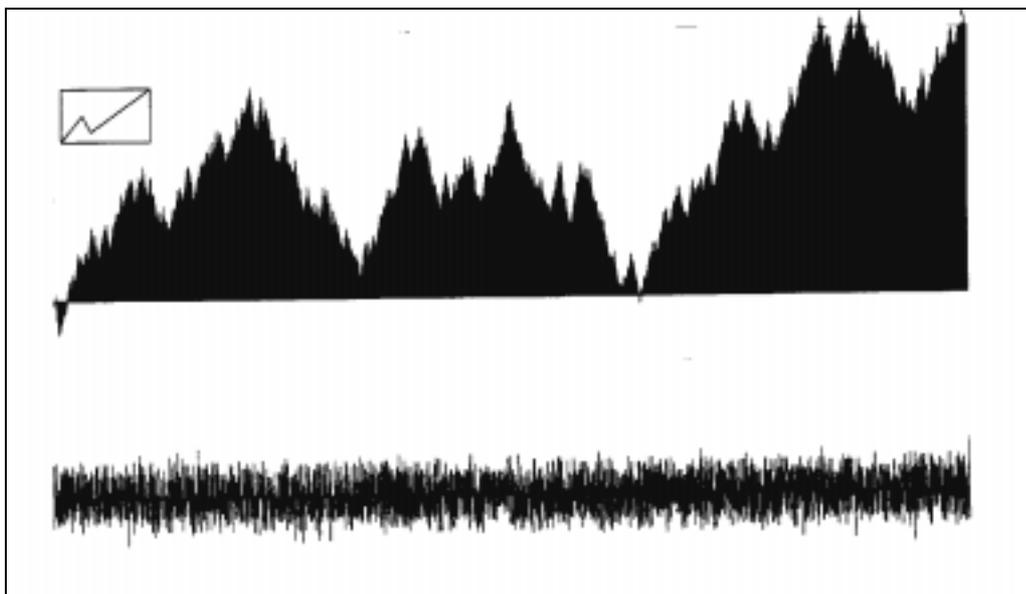
Em termos práticos, as descobertas de Benoit Mandelbrot sugerem que um gerador fractal pode ser desenvolvido baseado em dados históricos de mercado. Seu modelo atual de análise de mercado não apenas inspeciona o que ocorreu ontem ou semana passada. É realmente um modelo mais realista das flutuações de preço, chamado **fractional Brownian motion in multifractal trading time**. Os gráficos criados pelos geradores produzidos por este modelo podem simular cenários alternativos baseados em **atividades anteriores de mercado**.

No livro "Economia e complexidade", inspirado na Tese de Doutorado em Economia pela Universidade Autónoma de Lisboa (UAL) do Engenheiro Civil Francisco Corrêa Guedes (1999, p.307), Guedes cita o trabalho de Mandelbrot:

A grande descoberta recente de Mandelbrot – 1997 – é a de que ao contrário dos seus modelos anteriores das cronologias financeiras em que H [expoente de Hurst: $H \sim \log \Delta P / \log \Delta t$] era tido como independente do tempo – unifractais – H passou a ser variável e as cronologias a designar-se por multifractais. E foi com este instrumento que Mandelbrot conseguiu a façanha geométrica e gráfica de obter a mímica impressionante das verdadeiras cronologias financeiras."

Em seu livro *Fractals and scaling in finance* (1997, p.183-184), Mandelbrot mostra duas séries temporais $P(t)$, figuras 16 e 17, geradas por seguidas interpolações dos geradores mostrados no canto superior esquerdo do desenho, e na parte inferior do desenho os respectivos incrementos de preço sobre sucessivos e pequenos intervalos de tempo (seria aproximadamente a derivada $P'(t)$ da função preço P onde os intervalos de tempo tendem a zero).

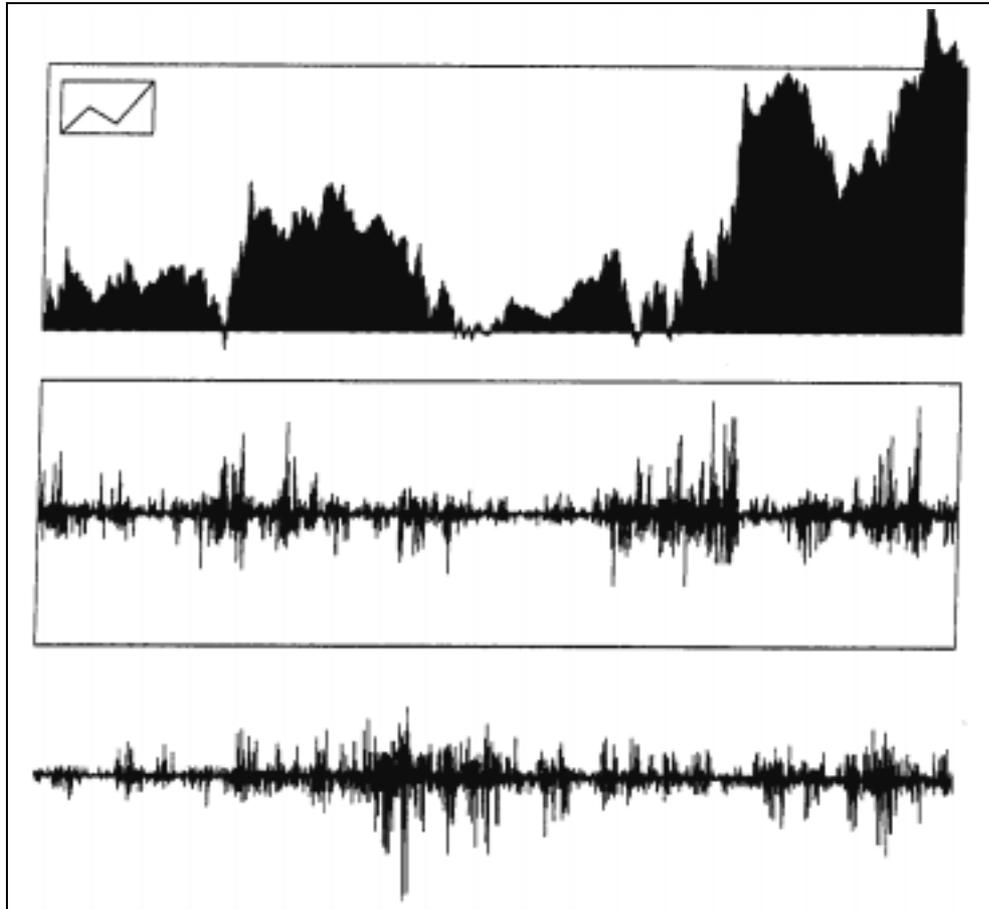
FIGURA 16 - DESENHO ANIMADO DE MOVIMENTO BROWNIANO APÓS VÁRIAS INTERPOLAÇÕES



FONTE: MANDELBROT (1997)

NOTA: A cada passo, os três segmentos do gerador são permutados aleatoriamente; isto significa que, após algumas interpolações, não há traços de semelhança visíveis a olho nu. Na figura de baixo observa-se o diagrama do "ruído branco" Gaussiano, referente à distribuição normal esperada por Bachelier.

FIGURA 17 - DESENHO ANIMADO DO MOVIMENTO BROWNIANO PRODUZIDO DE MANEIRA MULTIFRACTAL



FONTE: MANDELBROT (1997)

NOTA: No desenho de baixo, a seqüência é um "ruído branco", mas longe de ser Gaussiano, se aproximando mais da realidade das séries históricas de preços.

A pesquisa recente de Mandelbrot (1997) traz portanto embasamento científico e viabilidade a uma pesquisa mais antiga, que é a teoria dos padrões de ondas descobertos por R. N. Elliott, baseada na observação criteriosa da repetição quase perfeita de padrões de preços ou ondas em **atividades anteriores de mercado**. Novamente em (Mandelbrot, 1997, p.114-115) encontra-se duas passagens complementares importantes para se dar suporte científico ao objeto de estudo desta dissertação e também para se fazer uma conexão entre a base teórica vista anteriormente com a próxima seção relativa às aplicações das ondas Elliott nos mercados. Na página 114, Mandelbrot cita palavras de Jonathan Swift (Swift, 1733), sobre a invariância em infinitas escalas:

"So, naturalist observe, a flea hath smaller fleas that on him prey, and these have smaller fleas to bit them, and so proceed ad infinitum".

Na página 115, com suas próprias palavras, Mandelbrot diz que:

It is true that some of Elliott's diagrams are qualitatively reminiscent of certain self-affine generators of the kind studied in Section 4 of Chapter E6. That is, they embody the wisdom present in Swift's qualitative metaphor quoted earlier in these section, but nothing more. Elliott's work fails the requirements of objectivity and repeatability: in his own words, "considerable experience is required to interpret [it] correctly" and "no interpretation [is] valid unless made by [him or his direct licencees].

Vê-se portanto que Mandelbrot, o criador da idéia dos fractais, confirma a presença de sua invenção no trabalho de Elliott. A crítica no final da citação tem fundamento, já que o livro mais conhecido e divulgado no mundo sobre as ondas Elliott, "The Elliott wave principle, key to market behavior" (Robert R. Prechter, edições de 1978 a 2000), não traz um método minucioso e objetivo de previsão dos mercados. Entretanto, após pesquisa por bibliografia mais aprofundada para este trabalho, encontrou-se o livro "Mastering Elliott Wave; presenting the Neely method: the first scientific, objective approach to market forecasting." (Glenn Neely, 1990), que realmente possibilitou a aquisição de resultados mais objetivos, preenchendo-se o vácuo muito bem observado por Mandelbrot. E em relação à crítica à falta de periodicidade do método Elliott, também há fundamento, se considerarmos a periodicidade no seu sentido estrito, pois os padrões de onda pesquisados por Elliott não se repetem exatamente, mas aproximadamente. Tal observação não inviabiliza o método Elliott, já que a não necessidade de movimentos periódicos exatos é uma característica favorável aos métodos que não seguem o paradigma newtoniano. Na criteriosa pesquisa de Glenn Neely (1990), os padrões Elliott são classificados segundo a disposição espacial e o comprimento relativo entre suas ondas componentes, onde tais comprimentos nem sempre são fixos, podendo variar entre um limite mínimo e máximo registrados historicamente pelo autor.

3.2 O Princípio das Ondas Elliott

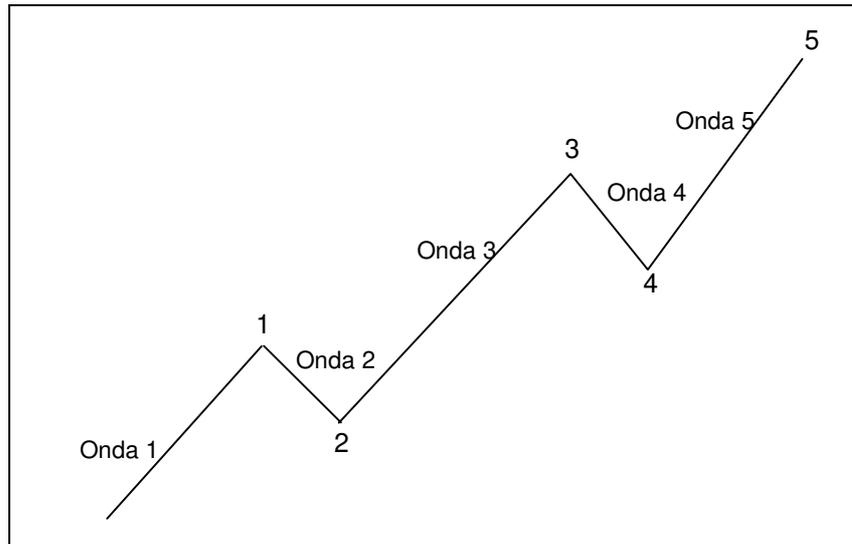
Segundo Prechter (2000), em todo mercado de capitais, cada decisão de investimento é tanto influenciada por informações significativas como produz informações significativas. Algumas vezes o mercado parece refletir condições e eventos externos, mas em outros momentos ele se move em direção contrária às notícias, como se fosse governado pelas leis do acaso. A razão disto é que o mercado possui suas próprias leis, o seu próprio caos, não sendo determinado pela causalidade linear que pode-se estar acostumado com as experiências do cotidiano. O caminho dos preços não é um produto apenas das notícias e não é uma máquina de ritmo periódico. O movimento das ações reflete uma repetição de formas que é independente tanto de eventos que presumivelmente o causaram quanto de periodicidade.

A progressão dos mercados se dá através de ondas. Ondas são padrões de movimento direcional. Mais especificamente, onda é qualquer uma das figuras que constituem os gráficos dos preços das ações ou *commodities* em função do tempo, e tais figuras são modelos que se repetem naturalmente ao longo dos dias, meses, anos, décadas e séculos.

3.2.1 O Modelo das Cinco Ondas

Segundo Elliott, citado por Prechter (2000), a progressão dos preços nos mercados tem a forma de cinco ondas numa estrutura específica. Três destas ondas, chamadas de 1, 3 e 5, realmente afetam o movimento direcional dos preços, ou seja, são elas que imprimem a verdadeira tendência para a qual o mercado está indo. Tais ondas ímpares são separadas por duas ondas de interrupção da tendência, chamadas de 2 e 4, como mostra a figura 18. As duas interrupções são um requisito para que o movimento direcional como um todo possa ocorrer.

FIGURA 18 - O MODELO BÁSICO



FONTE: PRECHTER (2000)

Pode-se explicar o comportamento das cinco ondas como um reflexo do comportamento humano. Observando-se o contexto de uma bolsa de valores, o início da onda 1 é ativado devido a um movimento de subida de preços gerado pela percepção dos participantes da bolsa de que o mercado iria subir – por motivos reais ou irrealis. O topo da onda 1 é o instante em que vende-se papéis para obtenção de lucros a curto prazo, fazendo com que os preços caiam até o fundo da onda 2. A onda 3 refere-se ao crescimento consistente dos preços, por motivos econômicos realmente fundamentados ou de persistente percepção de subida de preços. Segundo as observações de Prechter (2000) e Neely (1990), a onda 3 nunca terá comprimento menor que as outras, já que neste intervalo de tempo há um motivo subjacente suficientemente convincente para levar a maioria dos participantes a acreditarem numa subida de preços. Na onda 3 o volume de negociações é maior que durante a onda 1, em virtude da maioria se sentir encorajada em comprar. No topo da onda 3, após um longo crescimento, as pessoas são absorvidas pelo medo de que os preços logo caiam, fazendo com que alguns vendam e tirem seus lucros, iniciando-se assim a onda de queda número 4, gerada por estas vendas. Entretanto existem investidores, impressionados com a grande subida da onda 3, que continuam convictos de que os preços vão subir mais e portanto continuam

comprando. Quando o número de propostas de compra torna-se maior que os de venda, os preços voltam novamente a subir pela onda 5. Esta onda é o último suspiro de subida, porque o volume de negócios já é bem menor do que na onda 3. No topo da onda 5, o volume de negócios tende a zerar, e uma mudança de tendência de subida para tendência de descida está iminente.

Prechter (2000) observa que:

A qualquer momento, o mercado pode ser identificado como estando em algum ponto do modelo básico das cinco ondas referente ao maior escala de tendência. Como o padrão das cinco ondas tem total predominância na progressão dos mercados, todos os outros padrões são subordinados a ele.

3.2.2 Os Padrões de Onda

Existem dois padrões de evolução da onda: onda **impulso** e onda **corretiva**.

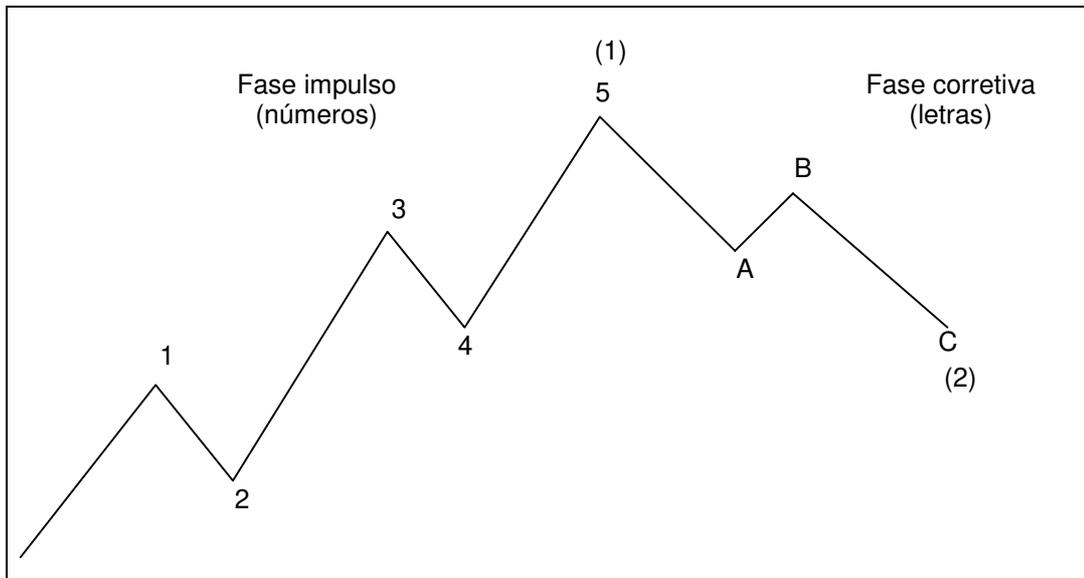
Ondas impulso têm uma estrutura de cinco ondas, enquanto que ondas corretivas têm uma estrutura de três ondas. A estrutura impulso é empregada tanto pelo modelo das cinco ondas da figura 18 quanto pelas suas componentes de mesma direção: ondas 1, 3 e 5. Suas estruturas são chamadas de impulso porque elas fortemente incitam o mercado. A estrutura corretiva é empregada por todas as interrupções de tendência, que incluem as ondas 2 e 4 da figura 18. São chamadas de corretivas porque cada uma aparece como uma resposta para a onda impulso precedente, produzindo uma retração parcial, ou correção do progresso atingido. Logo os padrões são fundamentalmente diferentes, tanto em diretrizes como em construção, como será melhor detalhado no decorrer deste trabalho.

3.2.3 O Ciclo Completo

Forma-se então um ciclo completo, consistindo em oito ondas divididas em duas fases: a fase impulso de cinco ondas, cujas ondas são denotadas por números

e a fase corretiva de três ondas, cujas ondas são denotadas por letras. Assim como a onda 2 corrige a onda 1 na figura 18, a seqüência A, B, C corrige a seqüência 1, 2, 3, 4, 5 na figura 19.

FIGURA 19 - O CICLO COMPLETO



FONTE: PRECHTER (2000)

3.2.4 Escalas da Onda

Todas as ondas podem ser organizadas em categorias dependendo da sua escala. A escala de uma onda é determinada pelo seu tamanho e por sua posição relativa às ondas componentes, às ondas adjacentes e à onda da qual faz parte. Elliott nomeou nove escalas de ondas, desde a menor onda identificável num gráfico de preços horários, passando pelos gráficos de preços diários, mensais, anuais, até a maior onda que seria possível identificar com os dados de preços disponíveis. Na ordem da maior para a menor escala, a tabela abaixo relaciona os nomes escolhidos por Elliott para as escalas com suas respectivas notações.

QUADRO 3 - ESCALA DE ONDAS E SUAS NOTAÇÕES

ESCALA DA ONDA	A FAVOR DA TENDÊNCIA					CONTRA A TENDÊNCIA		
<i>Grand Supercycle</i>	Ⓘ	Ⓚ	Ⓛ	Ⓧ	Ⓨ	ⓐ	ⓑ	ⓒ
<i>Supercycle</i>	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(a)	(b)	(c)
<i>Cycle</i>	I	II	III	IV	V	a	b	c
<i>Primary</i>	①	②	③	④	⑤	A	B	C
<i>Intermediate</i>	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(A)	(B)	(C)
<i>Minor</i>	1	2	3	4	5	A	B	C
<i>Minute</i>	⓪	Ⓛ	Ⓜ	Ⓨ	Ⓩ	ⓐ	ⓑ	ⓒ
<i>Minuette</i>	(i)	(ii)	(iii)	(iv)	(v)	(a)	(b)	(c)
<i>Subminuette</i>	i	ii	iii	iv	v	a	b	c

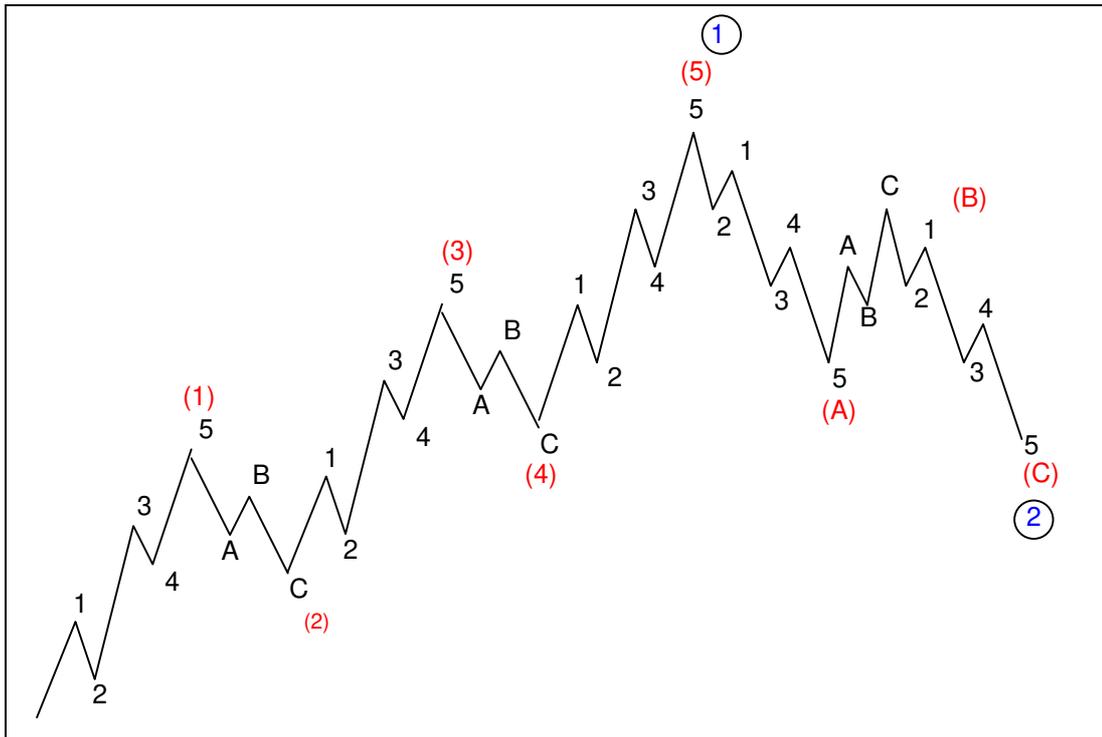
FONTE: PRECHTER (2000)

3.2.5 Exemplo de Construção Fractal

Quando termina um ciclo completo de oito ondas, este pode ser seguido por outro ciclo completo, que por sua vez pode ser seguido por outro movimento de cinco ondas. Este bloco inteiro produz um padrão de cinco ondas de **1 escala acima** em relação à escala *minor* de suas ondas componentes. O resultado é mostrado na figura 20 até o pico da onda (5). Este padrão de cinco ondas de escala *intermediate* é então corrigido por um padrão de três ondas de escala *intermediate*, completando-se assim um ciclo completo de oito ondas de escala *intermediate*, desenhado na figura 20.

Como pode se ver nesta figura, cada componente de mesma direção de uma onda impulso (mono-ondas 1, 3 e 5) é uma versão menor das poli-ondas (1), (3) e (5), que por sua vez são versões menores das poli-ondas ①, ③ e ⑤. E cada componente dupla (ondas 1+2) de um ciclo completo de escala *minor*, é uma versão menor das componentes (1) + (2) de um ciclo completo de maior escala *intermediate*, que por sua vez são versões menores do ciclo completo + de escala *primary* (o desenho inteiro). Daí vem a característica **fractal** da construção. É importante constatar que a figura 20 não é apenas uma versão maior da figura 19, mas também é a própria figura 19 vista com maiores detalhes.

FIGURA 20 - EXEMPLO DE CICLO COMPLETO DE ESCALA INTERMEDIATE



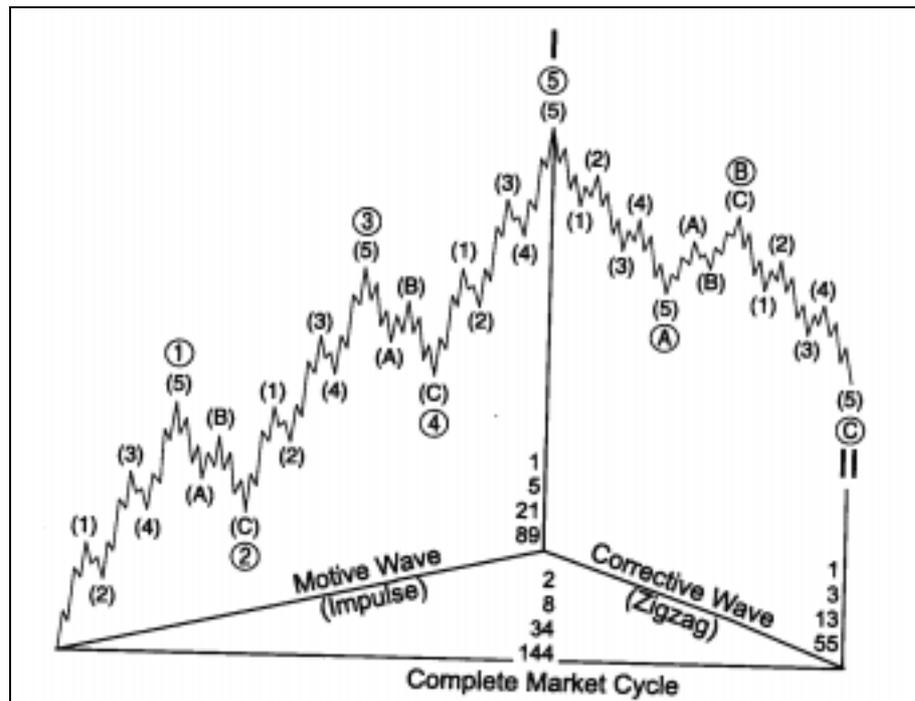
FONTES: PRECHTER (2000)

É importante observar também que dentro do padrão corretivo ilustrado pela onda ② na figura 20, as ondas de descida (A) e (C) são cada uma compostas de cinco ondas: 1, 2, 3, 4 e 5. Da mesma maneira, a onda ascendente (B) é composta por três ondas: A, B e C. Esta construção abre uma questão crucial: **Ondas impulso nem sempre são ascendentes, e ondas corretivas nem sempre são descendentes.**

Na figura 20, cada sub-onda 1, 3 e 5 é uma onda impulso que deve se subdividir em cinco ondas, e cada sub-onda 2 e 4 é uma onda corretiva que deve se subdividir em três ondas. Ondas (1) e (2), na figura 20, se examinadas por um microscópio, teriam a mesma forma das ondas ① e ②. Portanto, a forma é constante e independente da escala, uma característica peculiar dos fractais.

A figura 21 a seguir foi retirada do livro de Prechter (2000) e tem como objetivo mostrar o crescimento do fractal a medida que continua-se o processo de construção das ondas. Desta vez o ciclo completo já está na escala *cycle*, e pode-se observar bem a complexidade que pode ser obtida a partir de uma regra simples e determinística: **5 ondas a favor da tendência seguidas de 3 ondas contra a tendência.**

FIGURA 21 - CICLO COMPLETO DE ESCALA CYCLE



FONTE: PRECHTER (2000)

3.3 Análise Detalhada das Estruturas ou Padrões de Ondas Elliott

A seguir tem-se a descrição detalhada dos padrões de onda, **impulso** e **corretivo**, que Elliott (Prechter, 2000, p.30) percebeu se repetirem nas séries temporais de preços nos mais variados mercados financeiros. É importante frisar que as repetições não são necessariamente exatas (auto afinidade estrita), podendo ser aproximadas, já que um mesmo padrão pode aparecer com tamanhos e inclinações diferentes em várias épocas e em várias escalas (*primary, intermediate, etc.*) sem que as suas regras de construção sejam violadas. Uma estrutura Elliott, a medida que a análise da série temporal transcorre com o tempo, se liga dinamicamente com outras estruturas Elliott, e tal acúmulo de estruturas, em algum instante de tempo, constituirá uma nova estrutura Elliott de escala superior. E assim sucessivamente, seguindo-se a idéia fractal.

Este acúmulo de ondas e tendências para formar outras ondas e tendências de escala superior levou Elliott a procurar na matemática alguma ferramenta na qual

pudesse basear este acúmulo. Encontrou então na série de Fibonacci fortes correlações com o seu princípio.

A série de Fibonacci é uma seqüência de números inteiros, cuja lei de formação é muito simples e parecida com a formação das ondas Elliott: dados dois números iniciais, o próximo número da seqüência será sempre igual à soma dos dois números anteriores a ele. A série de Fibonacci mais conhecida é aquela cujos dois primeiros termos são iguais a 1. Tem-se então a seqüência infinita:

1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144,...

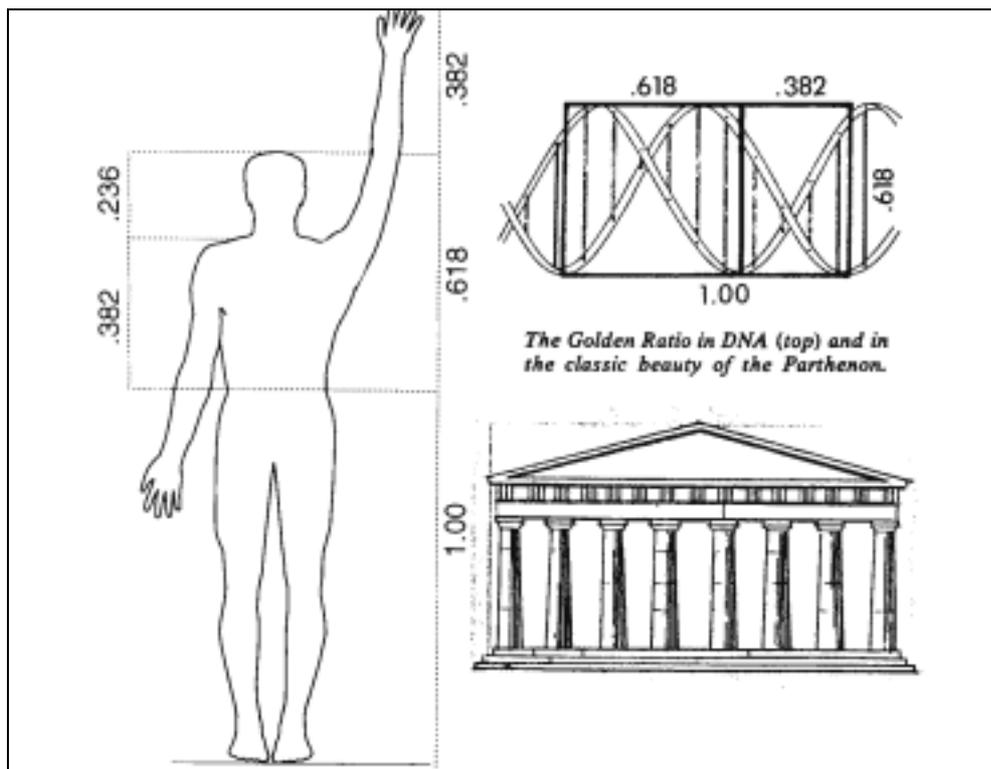
Lembrando-se que as estruturas corretivas possuem 3 ondas e as estruturas impulsivas contém 5 ondas, e sabendo-se que sempre após um impulso vem uma correção, tem-se então o acúmulo de 8 ondas, mais um próximo impulso, teríamos 13 ondas, e assim por diante.

Elliott descobriu entretanto que a serventia surpreendente da série de Fibonacci para a análise dos mercados financeiros estava na razão entre os números da série. Dividindo-se o primeiro número pelo segundo, obtém-se a razão 1, ou **100%**. Dividindo-se o segundo pelo terceiro, obtém-se **50%**. Continuando-se com o mesmo procedimento, obtém-se as seguintes razões: 66.7%, 60%, 62.5%, 61.5%, 61.9%, 61.8%, 61.8%, **61.8%**,.... Ou seja, esta última série formada pelas razões de um número Fibonacci para seu posterior **converge para 61.8%**, valor arredondado da constante $\frac{\sqrt{5}-1}{2}$, conhecida como **razão áurea**. As porcentagens citadas neste parágrafo em negrito e as taxas complementar e inversa da porcentagem áurea, **38.2%** e **161.8%**, foram registradas por Elliott em muitas ocasiões do mercado financeiro quando comparou-se os comprimentos de duas ondas consecutivas em sentido contrário. Portanto, tais porcentagens são amplamente utilizadas para se prever o tamanho da próxima onda a partir do comprimento da onda corrente.

A razão áurea é muito encontrada na natureza. Aparece em várias formações em espiral (espiral áurea), como furacões, rede moinhos, arranjo das sementes na

flor de margarida, casca do abacaxi, cavalo marinho, caramujos, galáxias, chifres de alguns animais, ondas do mar, na trajetória de partículas atômicas numa câmara. É utilizada por pintores e arquitetos para que seus projetos possuam uma boa estética, tenham uma naturalidade para o olho humano. Fazendo-se uma média na população mundial, o umbigo divide o tamanho total das pessoas na razão áurea, o nariz divide o tamanho total do rosto em proporção áurea, o cotovelo divide o braço de forma áurea e pequenos ossos dividem os dedos das mãos em proporções áureas. Dentre outras aparições, a mais surpreendente e que pode explicar outras conseqüências áureas é a que aparece na dupla hélice do DNA. A figura 22 mostra a divisão áurea determinada pelos vales das hélices de DNA (Prechter, 2000, p.108):

FIGURA 22 - DIVISÃO DO DNA NA RAZÃO ÁUREA



FONTE: PRECHTER (2000, p.108)

Como descrito na revisão teórica sobre as aplicações dos conceitos da complexidade na economia, os movimentos de subida e descida nos mercados podem ser encarados como tendências que emergem da auto organização - por

feedback positivo ou retornos crescentes (Brian Arthur; Waldrop, 1992, p.39) – das percepções em comum dos preços por parte dos agentes do mercado (psicologia dos hedgers e especuladores). Sabendo-se que a razão áurea é uma propriedade dos seres humanos (DNA, proporções corpóreas), e como os movimentos dos preços são regidos por decisões humanas, pode-se com certa naturalidade induzir a existência da razão áurea nos mercados financeiros. Até hoje, entretanto, não há uma demonstração matemática rigorosa para esta afirmação.

3.3.1 O Padrão Impulso

As ondas impulso seguem o modelo básico da figura 18. Segundo Neely (1990, p.5-2), uma coletânea de ondas do mercado **deve** obedecer às seguintes regras essenciais de construção para se tornar uma candidata ao comportamento impulso.

(i) Regras essenciais de construção

- a) Cinco segmentos adjacentes devem estar presentes (mono-ondas ou poli-ondas).
- b) Três destes segmentos devem possuir a mesma direção (para cima ou para baixo).
- c) Imediatamente após o primeiro segmento, uma movimentação menor em direção oposta toma lugar (o segundo segmento). Este segundo segmento nunca pode retroceder todo o primeiro segmento.
- d) O terceiro segmento deve ser maior que o segundo.
- e) Imediatamente após o terceiro segmento, uma movimentação menor em direção oposta ao terceiro segmento (mas na mesma direção do segundo) toma lugar (o quarto segmento). O quarto segmento nunca poderá retroceder todo o terceiro.
- f) O quinto segmento será quase sempre maior que o quarto, mas apenas deve ser pelo menos 38,2% do quarto segmento (em termos verticais de preço). Quando o quinto segmento é menor que o quarto, diz-se que ocorreu uma "falha".

- g) Quando as distâncias verticais de preço cobertas pelo primeiro, terceiro e quinto segmentos são medidas e comparadas, o terceiro não precisa ser o maior, mas nunca pode ser o menor dentre eles.
- h) A onda quatro jamais poderá ultrapassar o topo da onda um.

Se todas estas regras acima forem obedecidas, o grupo de ondas em análise tem potencial para ser impulso. Se uma única regra **não** for obedecida, a coletânea de ondas que está sendo analisada deve ser de natureza **corretiva**, não impulsiva, ou o grupo de ondas foi incorretamente combinado.

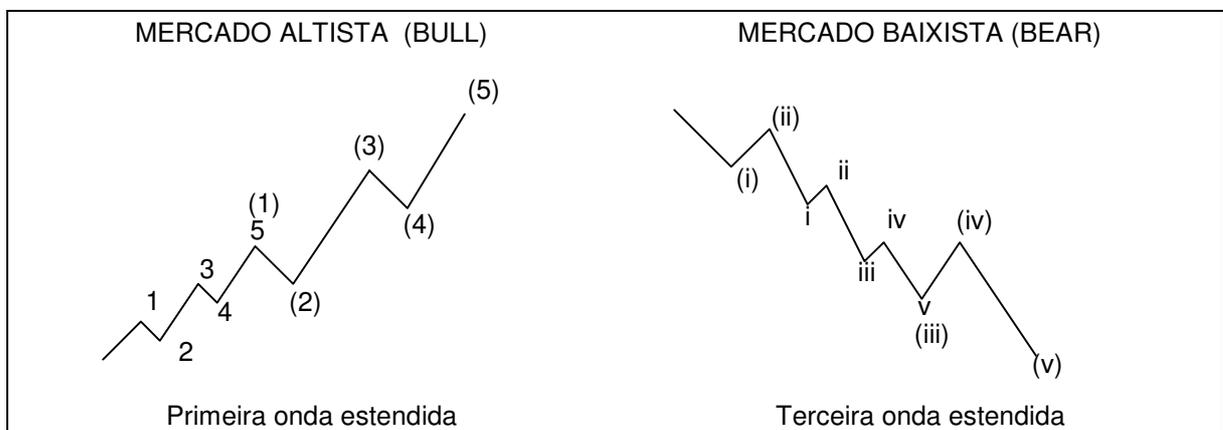
(ii) Regra da extensão

Uma extensão é um elemento essencial de qualquer padrão impulso realista e está exclusivamente associado a eles. O termo extensão é usado para descrever a maior onda de um grupo impulso. A presença (ou falta) de uma onda estendida é o fator de diferenciação entre o comportamento impulsivo e suas imitações falsas (correções).

Seguindo-se todas as regras até este ponto, deve-se ter um grupo de cinco mono-ondas (ou mais, dependendo da habilidade de quem analisa). Dentro deste grupo, uma onda deveria ser notavelmente maior em preço que as outras. Esta maior onda será a candidata à extensão. **Para realmente se qualificar como uma extensão, a maior onda deveria ser pelo menos 161,8% da segunda maior onda em preço.**

Na figura 23 existem exemplos de extensões.

FIGURA 23 - EXTENSÕES

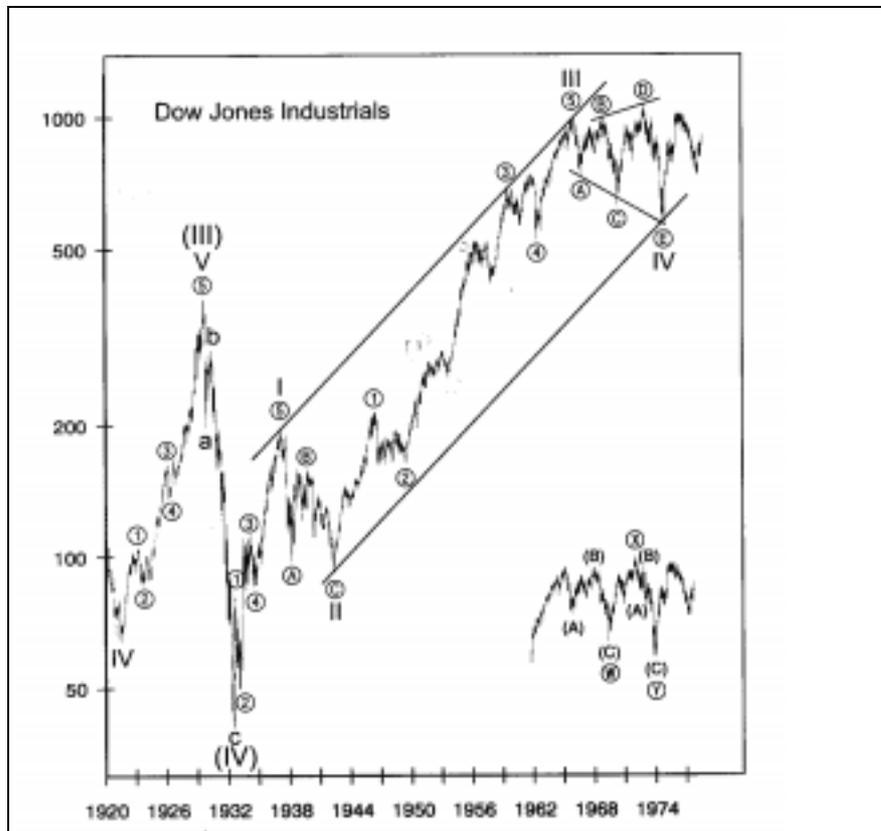


FONTE: O Autor

O fato de uma extensão ocorrer tipicamente em apenas uma das ondas ímpares de um impulso permite que se saiba quais os comprimentos esperados das próximas ondas. Por exemplo, se a primeira e a terceira ondas possuírem aproximadamente o mesmo comprimento, a quinta onda será prolongada. Se a onda três é estendida, a quinta deveria ser de construção simples e semelhante à onda um. Segundo Prechter, no mercado de ações, é mais comum encontrar-se a terceira onda estendida. A quinta onda estendida é pouco encontrada, exceto no caso do mercado futuro de commodities.

Uma extensão pode também ocorrer "fractalmente" dentro de outra extensão. Um exemplo real de terceira onda estendida dentro de outra terceira onda estendida de escala superior é encontrado no impulso de escala cycle (I, II, III, IV, V) que recuperou o mercado americano após o crack da bolsa de Nova York em 1929, como mostra o gráfico da figura 24, referente ao índice Dow Jones Industrial de 1920 até 1974 (Prechter, 2000, p.156):

FIGURA 24 - ÍNDICE DOW JONES DE 1920-1974

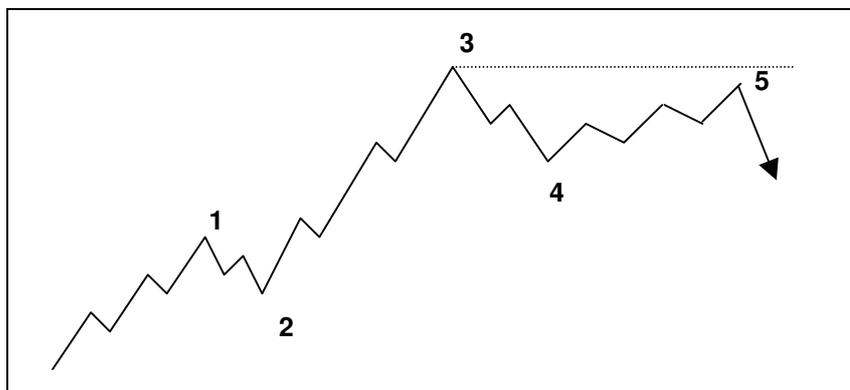


FONTE: PRECHTER (2000, p.156)

(iii) Quinta onda com defeito (truncated fifth)

Elliott usou a palavra "defeito" para descrever a situação na qual a quinta onda de um impulso está truncada, pois não se move além do fim da terceira onda. truncamento normalmente ocorre após uma terceira onda particularmente forte, e pode ser num mercado em subida ou descida. Como ilustração, na figura 25 tem-se o esboço do truncamento num mercado altista.

FIGURA 25 - BULL MARKET TRUNCATION



FONTE: PRECHTER

(iv) Regra da alternância

O conceito de alternância é um dos mais importantes no estudo do movimento dos preços. A regra estabelece que: quando ondas adjacentes ou alternadas de mesma escala são comparadas, elas deveriam ser distintas e únicas de tantas maneiras quanto possíveis. O fator decisivo na manifestação da regra é o tempo. Quanto maior o tempo coberto por cada formação, mais completa, em todos os aspectos, a alternância entre as duas formações se tornará. Há várias maneiras de ocorrer a alternância. No caso do padrão impulso, a aplicação mais importante da regra da alternância refere-se às ondas contrárias à tendência, ou seja, as ondas 2 e 4. Se o mercado estiver se desenvolvendo num padrão corretivo, a regra melhor se aplica às ondas A e B. Os possíveis tipos de alternância, que deveriam ser considerados em toda formação, são os seguintes:

- a) Preço (a distância percorrida em unidades verticais).
- b) Tempo (a distância percorrida em unidades horizontais).
- c) Gravidade (a porcentagem de retrocesso ou "retraçado" em relação à onda anterior, aplicável apenas às ondas 2 e 4 do padrão impulso).
- d) Complexidade (o número de subdivisões presentes num padrão).
- c) Construção (um padrão pode ser um Flat, o outro um Zigzag, etc.).

Na figura 26 tem-se o exemplo de alternâncias apresentadas pelas ondas 2 e 4 de um impulso. Os tipos de alternância presente naquela figura são o preço (onda 4 é maior verticalmente que a onda 2), o tempo (onda 4 é maior horizontalmente que a onda 2), a gravidade (onda 4 tem uma porcentagem de retorno sobre a onda 3 maior que a onda 2 em relação à onda 1) e complexidade (onda 4 é uma poli-onda corretiva formada por três mono-ondas [a,b,c] e a onda 3 é uma única mono-onda).

É importante que ao menos um tipo de alternância esteja presente num impulso.

(v) Regra da igualdade

Em qualquer padrão impulso, uma das ondas deve ser consideravelmente maior que qualquer outra onda. Uma vez identificada a maior onda, a regra da igualdade deve ser considerada. Esta regra se aplica a apenas duas das seguintes ondas: 1, 3 ou 5. Se uma destas ondas é estendida, a regra se aplica às duas menores que restaram.

A regra da igualdade postula que as duas ondas não estendidas deveriam tender à igualdade em preço e/ou tempo, **ou** relacionadas por uma razão Fibonacci (normalmente 61.8%) em preço e/ou tempo. Preço é certamente o parâmetro mais importante a se levar em conta.

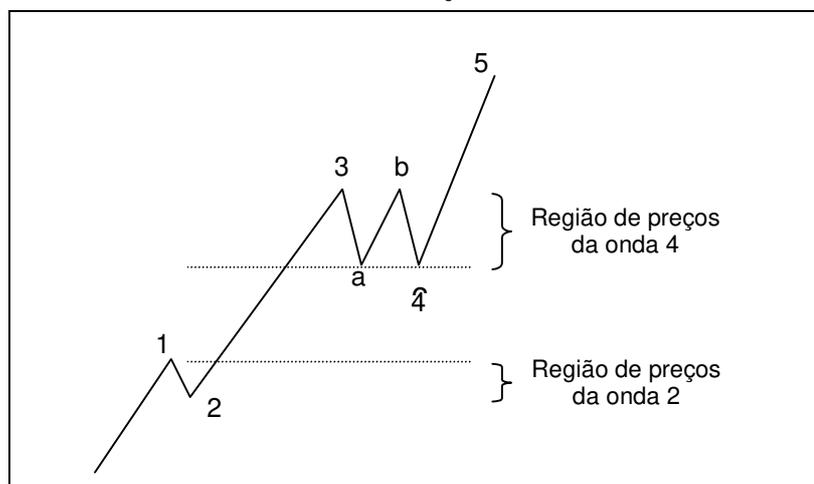
Esta regra tem a maior influência em padrões impulso com extensão da onda 3, e é especialmente útil quando a onda 5 falha após tal extensão. Terá pouca aplicação para padrões com primeira onda estendida ou impulsos terminais.

(vi) Regra da sobreposição

A regra da superposição pode ser aplicada de duas maneiras, dependendo de qual impulso está em análise: o impulso com tendência (trending impulse) ou o impulso terminal (terminal impulse).

Num impulso de tendência ($5 - 3 - 5 - 3 - 5$), nenhuma parte da onda 4 pode estar na região de preços coberta pela onda 2, situação esboçada na figura 26.

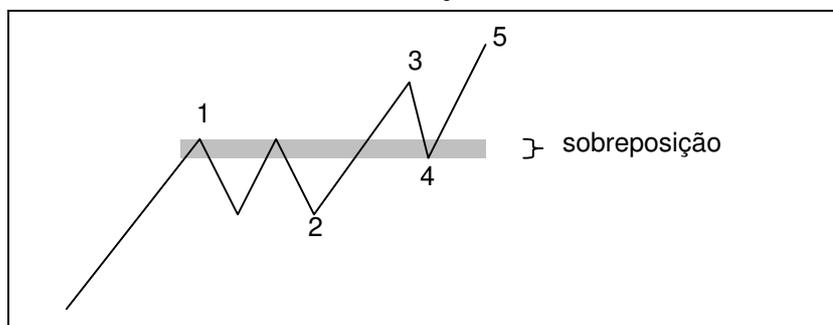
FIGURA 26 - REGRA DA SOBREPOSIÇÃO NUM IMPULSO TENDÊNCIA



FONTE: NEELY (1990)

No impulso terminal ($3 - 3 - 3 - 3 - 3$) é necessário que a região de preços da onda 2 seja parcialmente violada pela zona de preços da onda 4 (figura 27).

FIGURA 27 - REGRA DA SOBREPOSIÇÃO NUM IMPULSO TERMINAL



FONTE: NEELY (1990)

Se o movimento de preços que está sob análise obedecer a **todas** as regras de (i) até (vi), então este movimento é sem dúvida um padrão impulso. Caso contrário, há grande probabilidade que o movimento é corretivo.

3.3.2 Padrões Corretivos

Correções são padrões que ocorrem entre ondas impulso. São formadas por pelo menos três ondas. Os impulsos ocorrem quando o gráfico de preços esboça uma subida ou descida expressiva. Literalmente, os impulsos "impulsionam" o mercado para ganhos ou perdas significativas. Enquanto que as correções "corrigem" momentaneamente a direção tomada pelo impulso anterior, indo em direção contrária, sem entretanto desviar definitivamente o mercado de sua tendência principal.

Padrões corretivos são mais difíceis de ser interpretados que os padrões impulsivos devido a uma quantidade maior de variações possíveis. Decifrar estruturas corretivas normalmente requer um complexo entendimento do comportamento do mercado e muita paciência.

Sabe-se que os impulsos devem obedecer uma série de regras antes que se possa classificar progressivamente suas ondas de 1 até 5. Correções por sua vez são menos burocráticas, pois sabe-se que uma onda é corretiva simplesmente pelo fato de ela não ser impulsiva. Isto permite a classificação progressiva imediata de suas ondas, só que desta vez através de letras. A primeira onda corretiva chama-se **onda "a"**, a segunda chama-se **onda "b"**, a terceira **onda "c"**. Trabalhando-se somente com mono-ondas, e se aparecerem ainda uma quarta e quinta onda, serão chamadas de **onda "d"** e **onda "e"**, respectivamente.

Os padrões corretivos são: Flat (3-3-5), Zigzag (5-3-5) e Triangle (3-3-3-3-3).

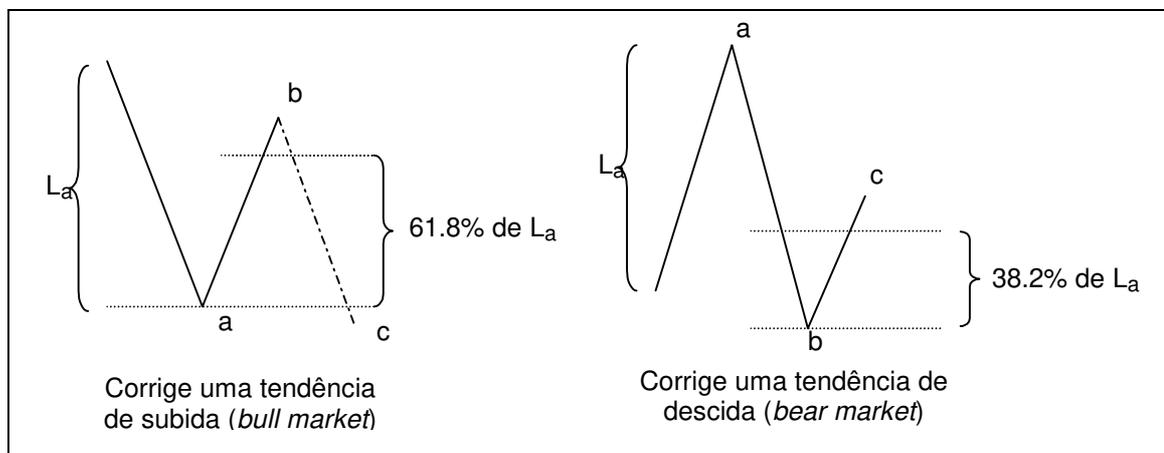
(i) Flats (3-3-5)

Um flat pode ser formado por apenas três mono-ondas **a**, **b** & **c**, ou como indicado pela seqüência 3-3-5, as ondas **a**, **b** & **c** podem conter respectivamente 3, 3 e 5 mono-ondas. Segundo Neely (1990, p. 5-17), as três ondas sob observação devem exibir os seguintes critérios para estarem na categoria flat:

- a) Onda **b** deve retroceder pelo menos 61.8% da onda **a**.
- b) Onda **c** deve ser pelo menos 32,8% da onda **a**.

Estas duas normas estão expostas na figura 28.

FIGURA 28 - REQUISITOS DE UMA ESTRUTURA FLAT



FONTE: NEELY (1990)

(i) Zigzags (5-3-5)

Zigzags e suas combinações complexas são as únicas estruturas corretivas que podem temporariamente se confundirem com as três primeiras ondas de uma estrutura impulso. Para evitar interpretações erradas, limites específicos devem ser obedecidos pelo comportamento zigzag. Os requerimentos mínimos que permitem um padrão ser classificado como zigzag são os seguintes (Neely, 1990, p.5-19):

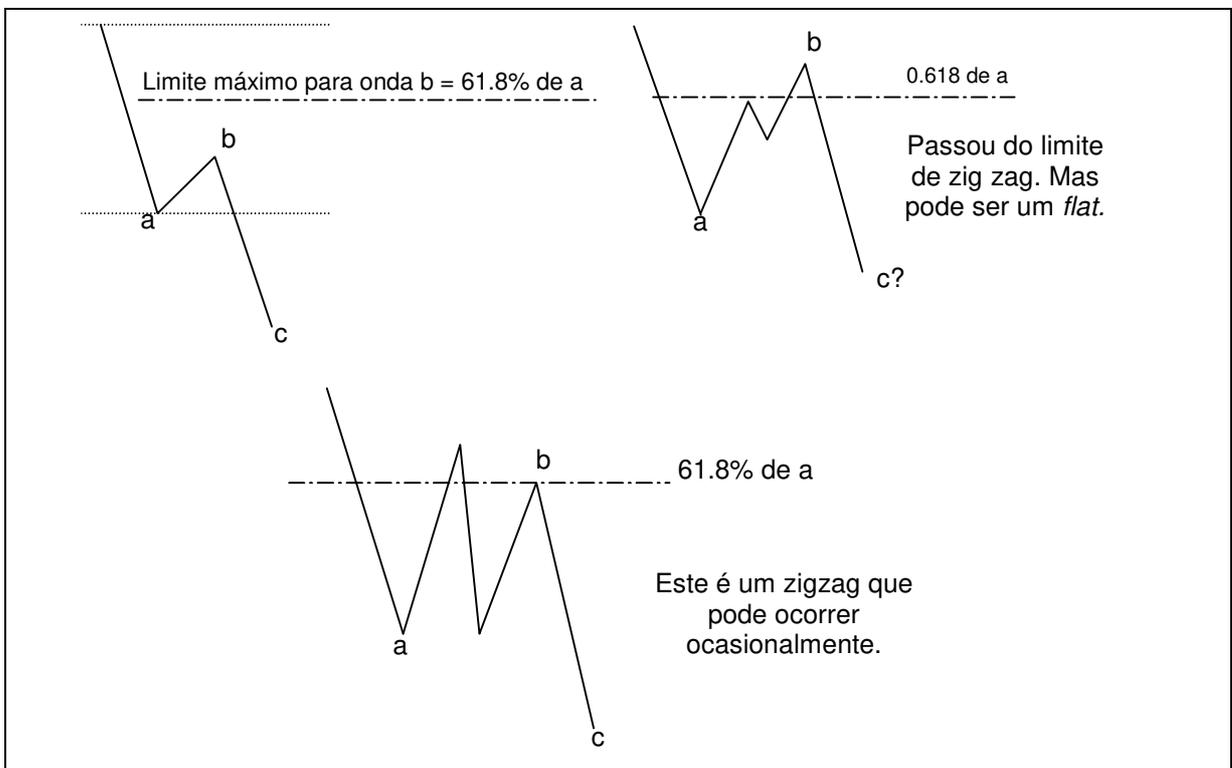
- a) Onda **a** do zigzag não pode retroceder mais que 61.8% do impulso anterior (caso exista) de uma escala imediatamente superior à escala do zigzag.
- b) Onda **b** deve retroceder pelo menos 1 % da onda **a**.
- c) Onda **c** deve ultrapassar o nível correspondente ao fim da onda **a**.

Se o grupo de ondas sob análise seguir estes três mínimos requerimentos, deve-se em seguida checar os limites máximos impostos à onda **b** de um zigzag:

- a) Nenhuma parte da onda **b** irá normalmente retroceder mais que 61.8% da onda **a**.
- b) Se parte da onda **b** retrocede mais que 61.8% da onda **a**, tal parte não será o fim da onda **b**. Ela será apenas o primeiro segmento de uma onda **b** corretiva mais complexa. O término da onda **b** será em 61.8% da onda **a** ou menos.

Os limites máximos da onda **b**, para zigzags corrigindo tendências de subida, são mostrados na figura 29.

FIGURA 29 - LIMITES DO ZIGZAG



FONTE: NEELY (1990)

Quando uma onda **c** de um zigzag for maior que 161.8% da onda **a**, aumenta a probabilidade de que a estrutura a-b-c é na verdade a parte 1-2-3 de um impulso. O critério que ajuda a decidir entre os dois diferentes casos é o retrocesso. Após um zigzag alongado (com onda **c** longa), o mercado deveria inverter e retroceder mais de 61.8% da onda **c** antes que o fim da onda **c** fosse violado. Se isso ocorrer, tem-se um zigzag alongado, senão, é provável que o padrão que está se formando é um impulso.

(iii) Triângulos (3-3-3-3-3)

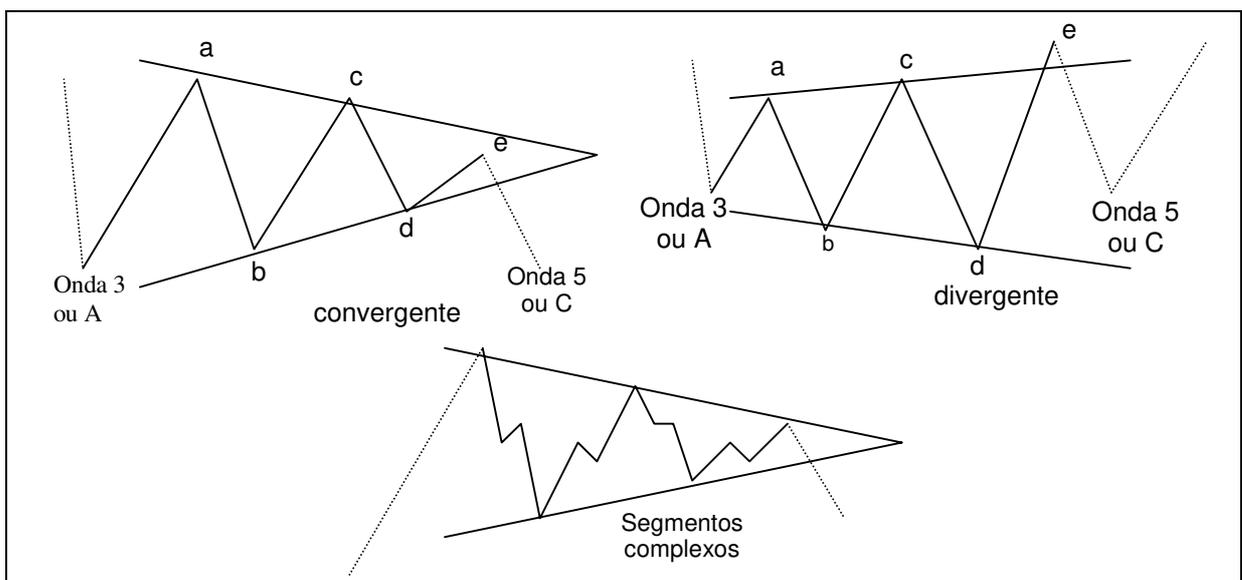
Um dos padrões mais difíceis de se trabalhar sob a ótica do princípio das Elliott Waves são as variações de triângulos. Não se pode ter absoluta certeza da direção do movimento que ocorrerá após um triângulo. Apesar das dificuldades, triângulos são padrões muito comuns e entendê-los é essencial para evitar perdas desnecessárias em transações financeiras.

Triângulos refletem um equilíbrio entre forças de compra e venda, causando um movimento lateral (*sideways*). Nos triângulos convergentes, o movimento lateral está normalmente associado com diminuição de volume e volatilidade. Nos triângulos divergentes há um aumento de volatilidade com o tempo.

A seguir tem-se uma lista de requerimentos mínimos para que um conjunto de ondas possa ser chamado de triângulo (Neely, 1990, p. 5-23):

- a) Deve haver exatamente cinco segmentos num triângulo. Esta regra se aplica não importa qual seja a complexidade de cada segmento. Na ordem de ocorrência, cada segmento do triângulo recebe uma letra do alfabeto: (a, b, c, d, e).
- b) Cada segmento de um triângulo é (ou representa, no caso de mono-ondas) um padrão corretivo completo.

FIGURA 30 - TRIÂNGULOS



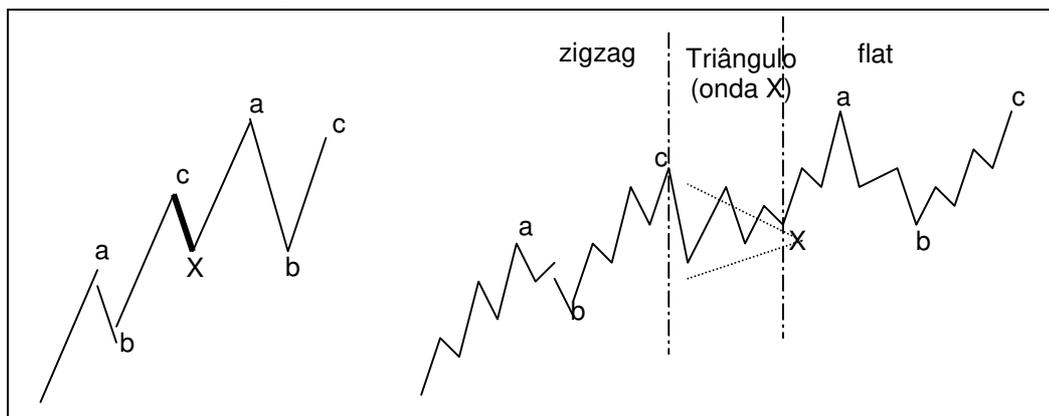
FONTE: NEELY (1990)

- a) Diferentemente do padrão impulso, que possui tendência definida para cima ou para baixo, os cinco segmentos de um triângulo irão oscilar em territórios comuns de preço (overlap) de maneira convergente ou divergente.
- b) Um triângulo pode desviar seu vértice levemente para cima ou para baixo sem afetar suas regras de construção.
- c) O tamanho da onda **b** deve estar entre 32.8 % e 261.8% da onda **a**. Dificilmente a onda **b** será 100% da onda **a**.
- d) Dos cinco segmentos de um triângulo, quatro deles (b, c, d, & e) retrocedem um segmento anterior. Desses quatro, três deles devem retroceder pelo menos 50% da onda anterior.
- e) Um triângulo é delimitado conectando os pontos terminais das ondas A e C, e os pontos terminais das ondas B e D. O término da onda E pode não cruzar ou ultrapassar a linha A-C, e de fato, historicamente é o que mais ocorre. Como regra geral, a linha B-D não pode ser quebrada por nenhuma das partes que formam a onda C ou a onda E.

3.3.3 Combinações entre Correções

Combinações entre padrões Elliott corretivos envolvem as chamadas **ondas X**. Uma onda X pode ser simplesmente uma mono-onda ou pode ser um padrão corretivo formado por 3 ondas ou mais. A onda X separa dois padrões corretivos Elliott. A figura 31 mostra um exemplo de uma combinação simples e uma complexa entre um zigzag e um flat.

FIGURA 31 - COMBINAÇÃO ENTRE ZIGZAG E FLAT



No movimento da esquerda, observa-se que a seqüência a-b-c-X-a-b-c pode ser confundida com um impulso 1-2-3-4-5. Entretanto, neste suposto impulso, a "terceira onda" é a menor das ondas ímpares, e a "segunda onda" não possui nenhum tipo de alternância em relação à "quarta onda"; logo duas regras do padrão impulso foram violadas e a contagem 1-2-3-4-5 estaria errada. Esta comparação teve o objetivo de mostrar, pelo menos um pouco, a importância da experiência em todos os mínimos detalhes da teoria Elliott para se fazer uma contagem correta, e portanto, uma previsão confiável. Os analistas inexperientes devem exercitar muito a contagem de ondas, ou então confiar cegamente nos programas de computador que são vendidos pela internet para previsão Elliott de mercados. No item 3.6 deste trabalho será feito o comentário sobre um destes programas.

Quando uma combinação se desenvolve, há uma maior probabilidade da onda X ser, em termos de preço, 61.8% ou menos da fase corretiva anterior. Abaixo relacionadas estão as combinações com **onda X pequena** (Neely, 1990, p. 8-3):

1. (5-3-5) + (onda X) + (5-3-5) = **Zigzag duplo** = "3".
2. (5-3-5) + (onda X) + (3-3-3-3-3 convergente) = **Combinação dupla** = "3".
3. (5-3-5) + (onda X) + (3-3-5) = **Combinação dupla** = "3".
4. (3-3-5) + (onda X) + (3-3-5) = **Flat duplo** = "3".
5. (3-3-5) + (onda X) + (3-3-3-3-3 convergente) = **Combinação dupla** = "3".
6. (5-3-5) + (onda X) + (5-3-5) + (onda X) + (5-3-5) = **Zigzag triplo** = "3".
7. (5-3-5) + (onda X) + (5-3-5) + (onda X) + (3-3-3-3-3 convergente) = **Combinação tripla** = "3".
8. (5-3-5) + (onda X) + (3-3-5) + (onda X) + (3-3-3-3-3 convergente) = **Combinação tripla** = "3".

O indicativo "**3**" significa que cada uma das combinações citadas comporta-se como uma só onda corretiva, de escala superior. Assim como um impulso pode ser formado fractalmente por outros impulsos, as correções podem também ser

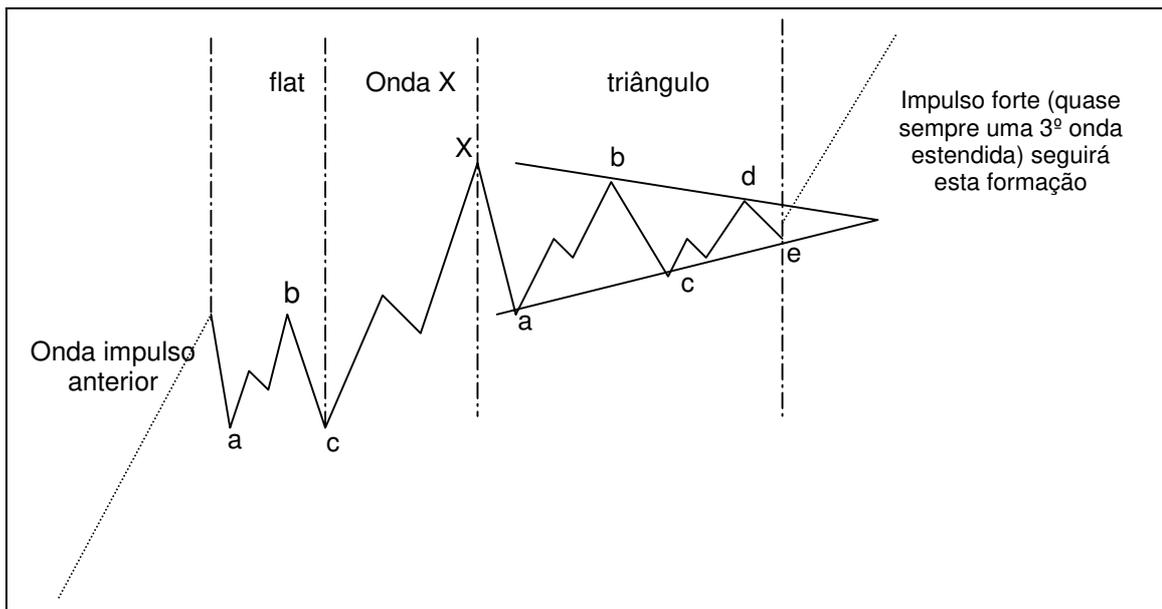
formadas por outras correções. Percorrendo-se as várias escalas de um gráfico (séculos até segundos) com o auxílio de um "microscópio" pode-se visualizar sua estrutura fina.

Segundo Neely (1990, p. 8-3), se três poli-ondas corretivas ocorrem uma após a outra, onde a segunda é 161.8% (ou mais), em termos de preço, do que a primeira, a probabilidade é alta de que a segunda correção é uma onda X. Abaixo estão listadas as possíveis combinações com **onda X grande**:

1. (3-3-5) + (onda X) + (3-3-3-3-3 convergente) = **Combinação duplo três = "3"**.
2. (3-3-5) + (onda X) + (3-3-5) = **Duplo três = "3"**.
3. (3-3-5) + (onda X) + (3-3-5) + (onda X) + (3-3-3-3-3 convergente) = **Combinação triplo três = "3"**.
4. (3-3-5) + (onda X) + (3-3-5) + (onda X) + (3-3-5) = **Triplo três = "3"**.

Historicamente, as combinações anteriores estão em ordem decrescente de probabilidade de ocorrência nos mercados. Para se ter um exemplo visual, a figura 32 mostra a combinação número 1.

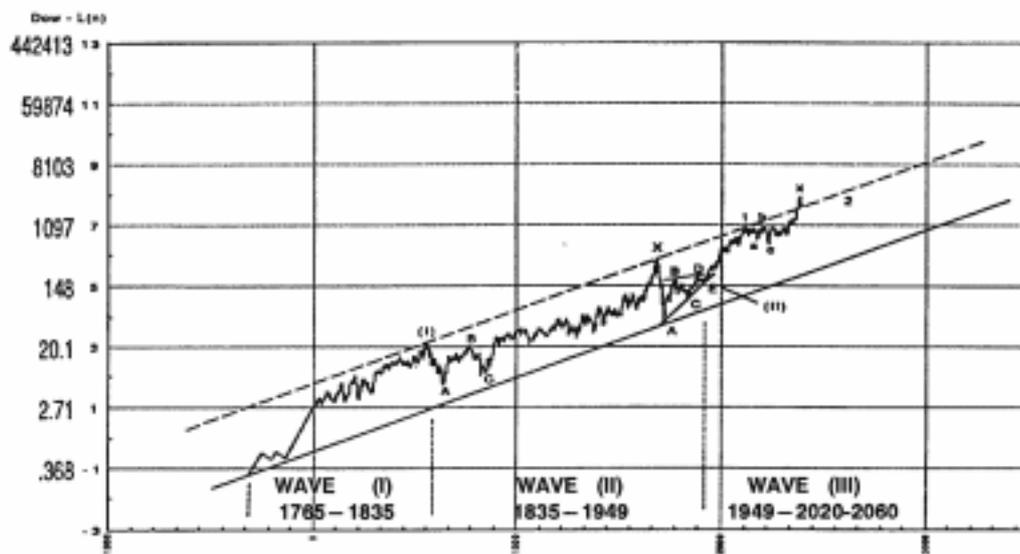
FIGURA 32 - COMBINAÇÃO DUPLO TRÊS



FONTE: NEELY (1990)

Na figura 33 tem-se a comprovação da aparição da combinação duplo três, no período de 1835 até 1949, num gráfico real. O gráfico em questão refere-se ao mercado de ações americano, retirado do artigo "Stock market forecast to the year 2060", escrito por Glenn Neely em 1988 para a Fundação para o Estudo dos Ciclos (Foundation for the Study of Cycles) e reimpresso em seu livro "Mastering Elliott Wave". (Neely, 1990, p.219).

FIGURA 33 - PREVISÃO DO ÍNDICE DOW JONES POR GLENN NEELY



FONTE: NEELY (1990)

3.4 Regras Lógicas Pós-construção

As regras lógicas são resultado de uma década de observações cuidadosas e registros históricos do comportamento das ondas de preços, feitos e descritos por Glenn Neely (1990, p.6-1), após o término de cada padrão Elliott nos principais mercados financeiros.

Estas regras requerem que toda movimentação do mercado esteja de acordo com o comportamento esperado em função do padrão precedente. Segundo Neely, o comportamento esperado deve ocorrer, ou o analista Elliott fez uma incorreta interpretação das ondas, desobedecendo as regras de construção (itens 3.3.1 e 3.3.2) e enganando-se na identificação dos padrões Elliott.

Portanto, as regras lógicas podem tanto ajudar na **previsão** dos próximos movimentos do mercado ou indicar um **erro de identificação**. O problema central das previsões Elliott é que só se descobrirá que houve erro de identificação em tempo real, quando o próximo movimento, ao se tornar presente, não estiver de acordo com as regras lógicas.

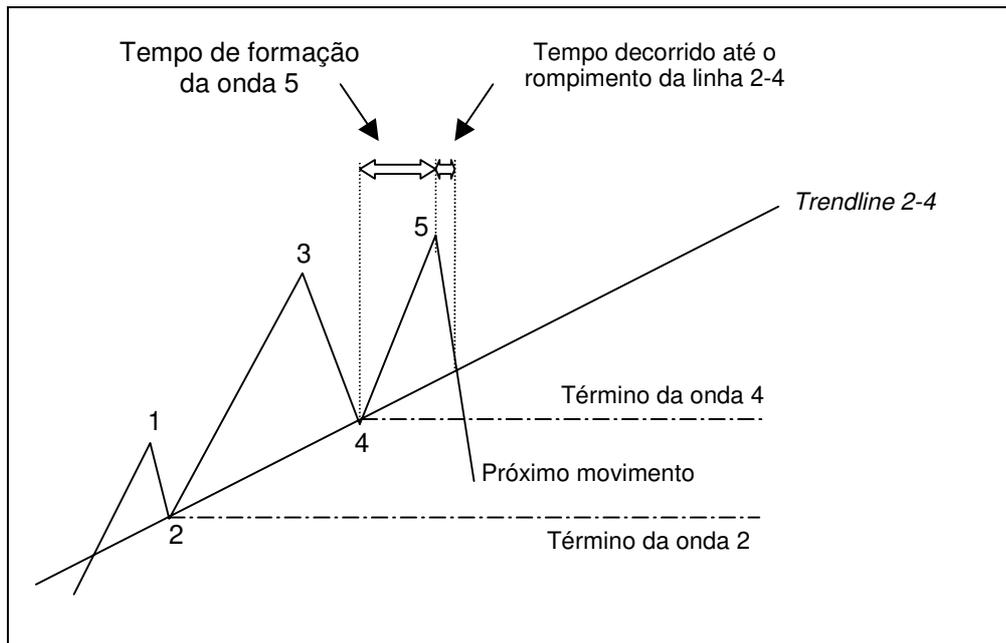
Considere-se um exemplo prático. Ao observar o gráfico do movimento dos preços da soja, um especulador com pouca experiência na utilização no método Elliott acredita que a quinta onda de um padrão impulso ascendente acabou de terminar. Segundo as observações históricas, tem-se uma regra lógica que diz: se foi confirmado o término de um impulso, é lógico que o próximo movimento será um padrão corretivo e no sentido contrário ao impulso. Como o impulso é para cima, a correção será para baixo, então o especulador acredita que os preços irão baixar a partir de agora. Ele entra então em contato com uma corretora associada à bolsa de mercadorias e futuros (BM&F), ordenando a venda de um contrato futuro de soja. Se o preço realmente baixar, ele pede ao corretor que liquide a operação junto à bolsa, comprando o contrato por um preço menor do que o preço no instante da venda, realizando assim um lucro. Entretanto, se houve erro na identificação do impulso, o preço pode continuar a subir, e a operação resultará em prejuízo.

Na seqüência tem-se a listagem dos padrões Elliott e das respectivas regras lógicas pós-construção.

a) **Padrões impulso**

A primeira etapa de aplicação das regras lógicas é imediatamente depois do término de um padrão impulso. Para tanto, desenha-se uma linha de tendência (trendline) que passa pelos pontos finais das ondas 2 e 4. Para confirmar se o padrão impulso em questão é autêntico, a movimentação do mercado pós-impulso deve romper a linha 2-4 num intervalo de tempo menor ou igual ao intervalo de tempo consumido durante a formação da onda 5, ver figura 34. Caso contrário, a onda 5 faz parte de um impulso terminal, ou a onda 4 ainda não está completa, ou a interpretação de que o movimento prévio é um impulso está errada.

FIGURA 34 - CONFIRMAÇÃO DO TÉRMINO DE UM IMPULSO



FONTE: NEELY (1990)

A segunda etapa é checar qual onda do impulso é estendida. Dependendo em qual onda estiver a extensão, o preço irá retornar a um nível de suporte/resistência definido pela região de preços da onda 2 ou da onda 4 do impulso. A seguir tem-se uma lista dos níveis mínimos e máximos esperados para o fim do próximo movimento em função do tipo de extensão existente no impulso precedente.

Impulso com primeira onda estendida: O próximo movimento a seguir o impulso deve retornar pelo menos ao nível do término da onda 4. Normalmente, o movimento retornará à região de preços da onda 2. É o caso quando o impulso é a onda 1 ou 5 de outro impulso de escala superior. Se o impulso for a onda 3 de outro impulso de escala superior, a movimentação de preços pode não conseguir voltar à região de preços da onda 2. E se o movimento passar do término da onda 2, o impulso finalizou outro impulso de escala maior ou uma correção de escala maior (onda (c) de um zigzag ou flat).

Impulso com terceira onda estendida: A movimentação do preço deve retornar à região de preços da onda 4 e normalmente terminará perto do fim da onda 4. Se o movimento retroceder mais que 61.8% de todo o impulso, tal impulso também completou outro impulso de escala superior.

Impulso com quinta onda estendida: A correção deve retroceder pelo menos 61.8% da onda 5, mas não deve retroceder toda a onda 5 se a mesma tendência do impulso permanecer após a correção. Se a correção retroceder todo o impulso, isto indica que o impulso terminou outro padrão de escala maior. Tal fato pode ocorrer de duas maneiras: o impulso é parte de um impulso maior que também tem quinta onda estendida ou o impulso é a onda (c) de um zigzag ou flat.

Impulso com falha na quinta onda: Haverá uma falha (failure) na quinta onda quando a onda 5 de um impulso for menor em preço que a onda 4. Esta situação implica numa grande quantidade de poder contra a tendência do impulso, isto é, o próximo movimento deveria retroceder completamente o impulso precedente. Se o impulso movia-se para cima (para baixo), não deveria haver um novo pico de alta (baixa) no mercado até que o próximo movimento retroceda todo o impulso.

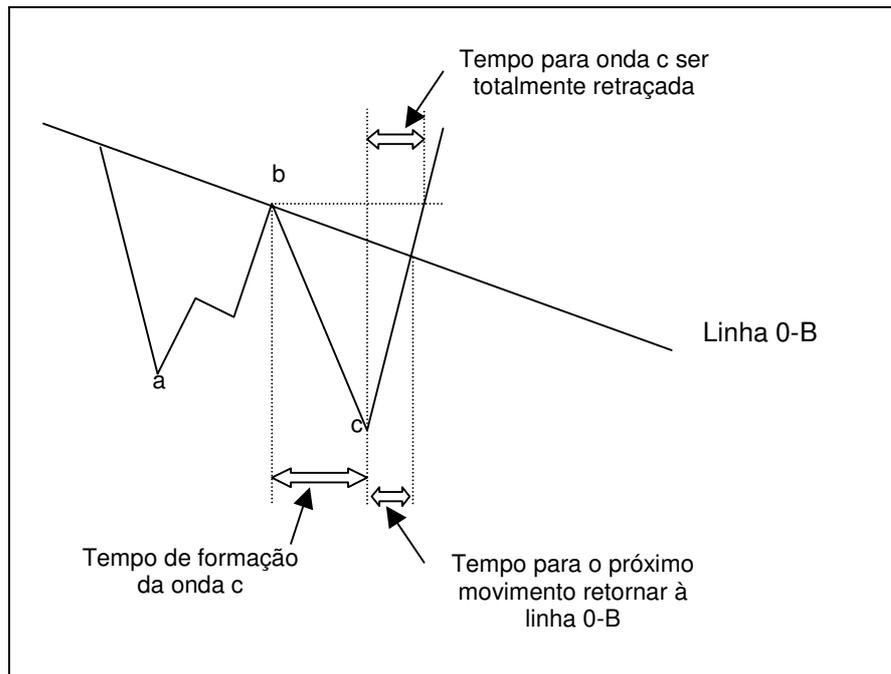
b) **Padrões corretivos**

A ordem das etapas de confirmação do término de um padrão corretivo depende do tamanho da onda **a** em relação ao tamanho da onda **b** desta correção. A confirmação completa envolve sempre duas etapas. Se ambas as etapas são verificadas, virtualmente não há dúvida da autenticidade da correção. Se apenas uma das etapas é verificada, o padrão corretivo ainda pode ser legítimo, mas tal fato pode ser considerado um aviso de que novas possibilidades de identificação mereceriam ser analisadas com mais cuidado.

Zigzags e flats: Se a onda **b** for menor que a onda **a**, desenha-se uma linha de tendência (0-B) passando pelo início da onda **a** e pelo fim da onda **b**. Como primeira etapa de confirmação da autenticidade da correção flat ou zigzag, o próximo movimento do gráfico de preços deve quebrar a linha 0-B num intervalo de tempo menor ou igual ao intervalo de tempo que a onda **c** levou para se formar. Se levar mais tempo, existem outras possibilidades de identificação: a onda pertence a um impulso terminal, ou a onda 4 da onda **c** não está completa ou o padrão em questão

não é corretivo. Se a primeira etapa está confirmada, a segunda etapa requer que a onda **c** seja totalmente retraçada num intervalo de tempo menor ou igual ao intervalo de tempo que ela levou para se formar. Na figura 35, a onda **b** foi intencionalmente desenhada com tamanho igual a 61.8% do tamanho da onda **a** para que a mesma ilustração seja capaz de mostrar a confirmação tanto de um zigzag como de um flat.

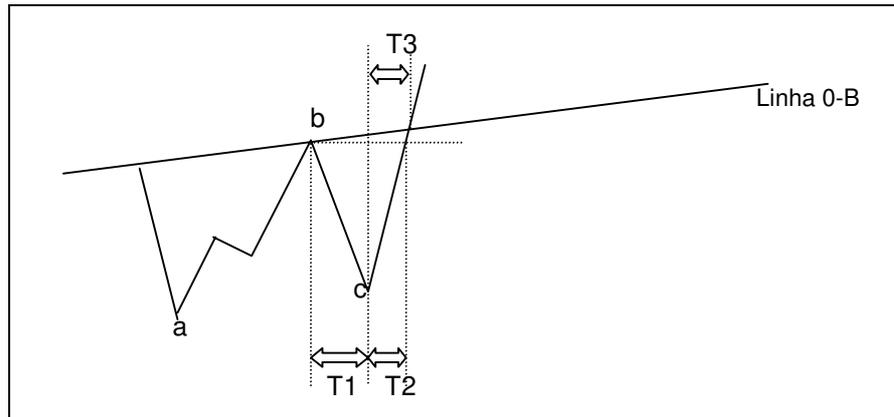
FIGURA 35 - CONFIRMAÇÃO DO TÉRMINO DE UM ZIGZAG OU FLAT



FONTES: NEELY (35)

Se a onda **b** for maior que a onda **a**, a primeira etapa de confirmação é verificada se a onda **c** é completamente retraçada num intervalo de tempo menor ou igual ao intervalo de tempo que ele levou para se formar ($T2 \leq T1$). A segunda etapa é satisfeita se o mercado quebra a linha 0-B numa quantidade de tempo menor ou igual à quantidade de tempo que a onda **c** levou para se formar ($T3 \leq T1$). O diagrama desta situação está na figura 36.

FIGURA 36 - CONFIRMAÇÃO DE TÉRMINO DE UM FLAT

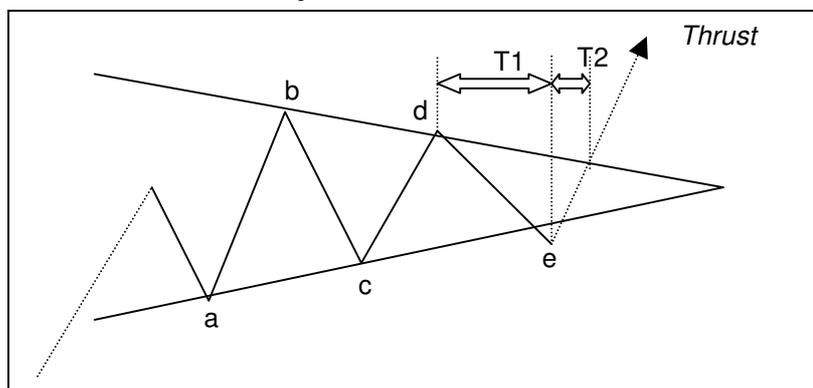


FONTE: NEELY (1990)

Triângulos: Existem duas categorias de triângulos, divergentes e convergentes. Triângulos divergentes têm sua legitimidade confirmada se a onda **e** não é completamente retraçada ou se o mercado levar mais tempo para retraçar a onda **e** do que ela levou para se formar.

Triângulos convergentes podem ser facilmente confirmados em duas etapas baseando-se no comportamento do mercado após o fim do triângulo. Na primeira etapa, utiliza-se uma linha de tendência B-D. Para se obter confirmação, o mercado deve quebrar a linha B-D numa quantidade de tempo menor ou igual que a consumida pela formação da onda **e** ($T2 \leq T1$). Na segunda etapa, a subida ou descida forte e rápida (thrust) que aparece após a onda **e** do triângulo deveria exceder o maior ou o menor preço atingido durante a formação de todo o triângulo. Ver figura 37.

FIGURA 37 - CONFIRMAÇÃO DE UM TRIÂNGULO CONVERGENTE



FONTE: NEELY (1990)

Pode-se observar que os padrões Elliott, se confirmados através das regras lógicas pós-construção elaboradas por Neely, permitem a visualização de uma certa ordem na aparente desordem em que se desenvolve o mercado financeiro. Isto corrobora com a afirmação de que o método Elliott Waves é uma das manifestações da teoria da complexidade. E o fato do término de padrões Elliott serem sinais da iminência de mudança no mercado fortalece a tese de que as Elliott Waves são também uma manifestação da teoria do caos.

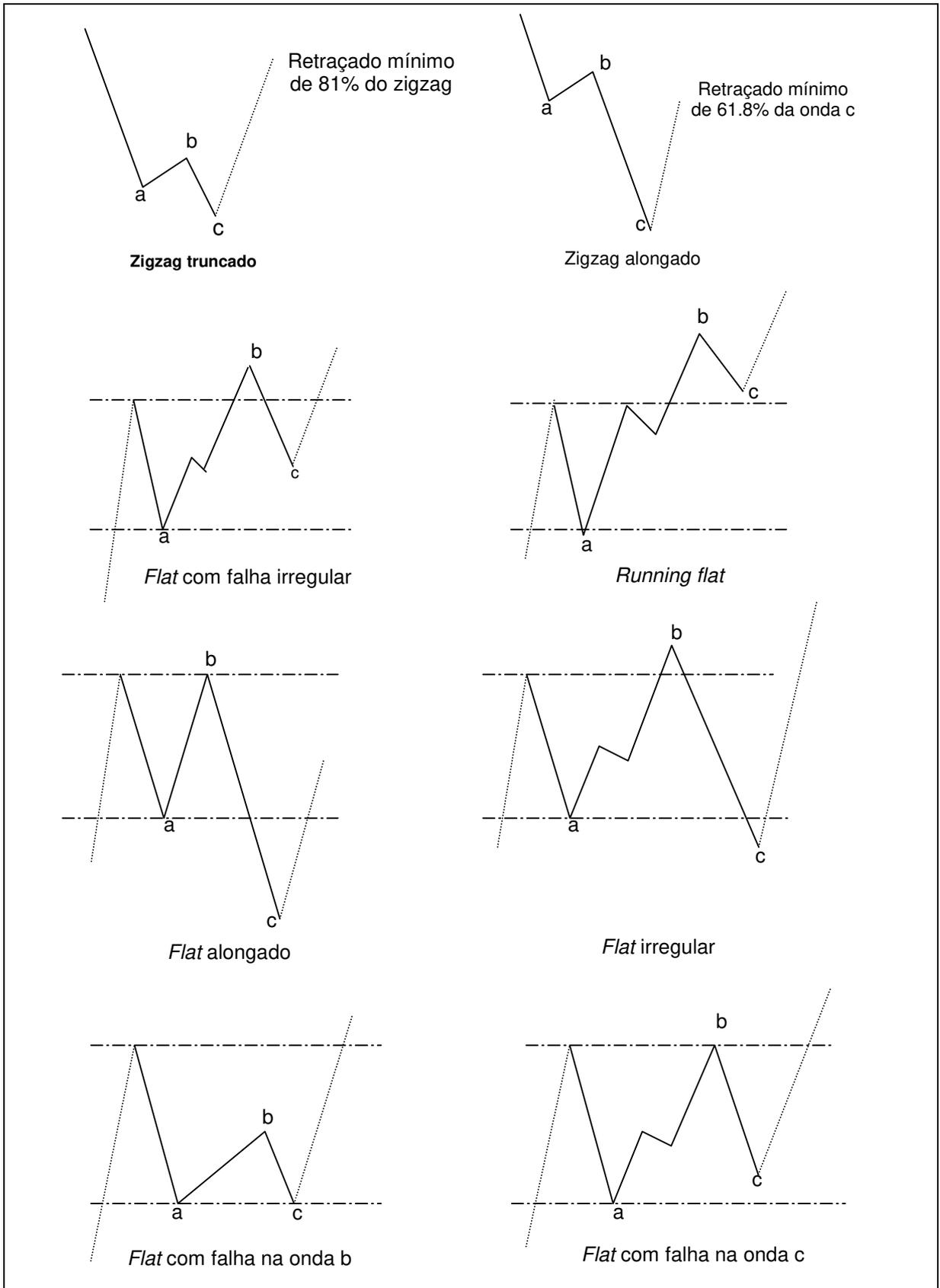
A seguir será feita uma relação mais específica dos movimentos de maior probabilidade que virão após cada padrão Elliott. Tal relação, elaborada por Neely (1990, p.10-1 até 10-10), é a **chave para previsão** dos futuros movimentos de um determinado mercado financeiro sob análise Elliott. Deve-se esclarecer que tal chave **não produz** 100% de previsões corretas, o que é natural dentro do contexto das teorias do caos e da complexidade, mas produz mais acertos que erros. Tal afirmação será validada no item sobre o estado da arte, onde depoimentos de programadores e usuários de softwares baseados nas regras Elliott confirmam os benefícios produzidos pelo método.

3.5 Previsões mais Detalhadas

Os maiores movimentos de preços no mercado financeiro ocorrem após um padrão corretivo. Tal fato faz com que o entendimento das implicações das correções nos próximos movimentos seja mais importante que as implicações dos impulsos.

Com o objetivo de aumentar a precisão das previsões, Neely (1990, p.5-38) lista as variações de zigzag e flat encontradas nos mercados (figura 38), já que cada variação produz um efeito futuro diferente. É importante destacar que todas as variações de flat e zigzag obedecem às regras gerais de construção destas correções, abordadas na seção 3.3.2, quesitos (i) e (ii).

FIGURA 38 - VARIAÇÕES DE CORREÇÕES



FONTE: NEELY (1990)

Na seqüência tem-se previsões mais específicas para o movimento que segue os respectivos padrões.

1. **Zigzag triplo**

Este é o padrão corretivo mais forte que pode ocorrer. Se seu movimento é para cima, isto implica num mercado muito forte. Se for para baixo, implica num mercado muito fraco. Um triplo zigzag é raramente visto, mas se ocorrer, será usualmente o maior segmento de um impulso terminal ou de um triângulo.

2. **Combinação tripla**

Este padrão pode ser uma combinação de zigzags, flats (freqüentemente alongados) e triângulos. Quase sempre, um padrão dentro desta categoria termina com um triângulo. Quando uma combinação tripla ocorre dentro de outro triângulo, ela será a maior onda do triângulo. Uma combinação tripla pode pertencer a apenas outro padrão, que é o impulso terminal. Quando ela corresponde à quinta onda estendida de um terminal, é o único momento em que o mercado poderia retroceder totalmente uma combinação tripla, já que na verdade o que estará sendo retraçado é o impulso terminal, que tem escala superior à combinação.

3. **Flat triplo**

O padrão de mesma escala que segue um flat triplo não deveria retrocedê-lo completamente a não ser que o flat triplo seja o último segmento de um impulso terminal com quinta onda estendida, pois o retrocedimento seria então de uma escala acima.

4. **Zigzag duplo**

Este padrão não deveria ser completamente retraçado pelo próximo movimento, a não ser que, novamente, ele seja o último segmento de um terminal com quinta onda estendida.

5. **Combinação dupla**

Uma combinação dupla irá quase sempre terminar com um triângulo ou com um flat com falha na onda **c**. Este padrão pode ser completamente retraçado se completar uma formação maior, mas normalmente não será.

6. **Flat duplo**

Não é um padrão comum, mas ocorre. O próximo padrão provavelmente não irá retroceder todo o duplo flat a não ser que ele termine com uma forte falha na onda **c** ou conclua uma formação de escala superior. O movimento de preços que segue este padrão deveria ser um pouco mais rápido que o movimento que segue um zizzag duplo.

7. **Zigzag alongado**

Este padrão ocorre quase que exclusivamente em triângulos e impulsos terminais. Ele poderia ocorrer em qualquer onda de um triângulo convergente (exceto a onda **e**) ou qualquer onda de um triângulo divergente (exceto onda **a**). Um zigzag alongado nunca deveria ser completamente retraçado pela onda de mesma escala que imediatamente o segue.

8. **Flat alongado**

Neely (1990, p.10-5) descobriu que este padrão ocorre quase que exclusivamente em triângulos. Ocasionalmente pode ser encontrado dentro de um impulso terminal.

9. **Zigzag**

Este é um dos três padrões mais comuns. Para ser considerado um simples zigzag, a onda **c** deve estar entre 61.8% e 161.8% da onda **a**.

Se a onda **c** é maior que a onda **a**, não é provável que o zigzag seja completamente retraçado, a não ser que a próxima onda de mesma escala seja mais complexa e consumidora de tempo ou o zigzag complete uma fase corretiva de escala superior.

Se a onda **c** for igual à onda **a**, pode ou ser completamente retraçado ou não. É um dos padrões corretivos que ocorrem mais freqüentemente. Qualquer movimento pode ocorrer após este padrão.

Se a onda **c** é menor que a onda **a**, é quase certo que este padrão seja completamente retraçado a não ser que seja seguido por uma onda X. Ele não oferece informações sobre o que esperar do próximo padrão.

10. **Flat com falha na onda b**

Um B-failure é o padrão mais neutro existente na teoria Elliott. Nada em particular pode ser esperado após o término deste padrão, já que qualquer movimento posterior é possível.

11. **Flat comum**

É um padrão neutro. Não implica em algum movimento específico no futuro, mas é definitivamente mais forte que um zigzag.

12. **Flat irregular**

É um padrão anormal e não freqüente. Ele cria um estado de contradição interna. Quando a onda **b** do padrão excede o início da onda **a**, isto indica a força da tendência de uma escala acima. Quando a onda **c** retorna e excede o início da onda **b**, anula-se o poder exibido pela onda **b**, criando-se uma condição ilógica. Este comportamento é aceitável em triângulos e impulsos terminais, mas não em flats (daí vem o adjetivo irregular).

13. **Flat com falha na onda c**

Este padrão deve ser completamente retraçado pelo próximo movimento de mesma escala. Se este flat completa outra fase corretiva de escala superior, a onda impulso seguinte deveria ser maior que a onda impulso anterior de mesma direção e escala. Se este flat não completar uma correção maior, o movimento forte a seguir deveria ser uma onda X de um duplo três, ou menos provável, a onda **b** de uma correção running.

14. **Flat com falha irregular**

Este padrão deve ser completamente retraçado. Normalmente ele ocorrerá numa onda 2 de um impulso que será seguida por uma terceira onda estendida. O impulso posterior a uma falha irregular deveria ser maior que o impulso anterior, normalmente por um fator de 1.618.

15. **Duplo três**

Como uma regra geral, quanto mais tempo esta correção levar para se formar, mais forte será o próximo movimento. O duplo três é mais comum de ser encontrado numa onda **b** do que numa onda 2. Isto ocorre porque, se a onda 2 for uma combinação de correções, a onda 3 é muito provável que seja estendida. A força inerente daquela extensão iria afetar a formação da onda 2. Geralmente, esta força "estica" o duplo três na direção da onda 3 estendida que vem em seguida, transformando-o num duplo três do tipo running.

O movimento de preços de uma onda **c** normalmente não é tão grande quanto uma onda 3 estendida. A inerente falta de força da onda **c** evita que o duplo três seja esticado.

Duplo três running implica numa grande quantidade de força para a tendência de uma escala acima. Logo, só é provável de encontrar um duplo três numa onda 4 se esta for seguida por uma onda 5 estendida. O movimento impulso após um duplo três deveria ser pelo menos de 161.8% do impulso anterior ao duplo três.

16. **Triplo três**

O triplo três é um padrão muito raro. Caso encontrado, o impulso que o segue deveria ser de pelo menos 261.8% do impulso anterior.

17. **Correção running**

O movimento que segue uma running correction deve ser uma onda estendida de um impulso ou uma onda **c** alongada de um flat ou zigzag. A onda impulso depois de uma running correction deveria ser mais de 161.8% do impulso anterior. Frequentemente é 261.8% ou mais.

18. **Duplo três running**

O movimento após este padrão deve ser impulsivo e exceder 161.8% da onda impulso precedente ao duplo três running. Mais de 261.8% é comum. Basicamente o único lugar que este padrão ocorrerá será numa onda 2, como explicado anteriormente. A última componente de um duplo três running quase sempre é um triângulo.

19. **Impulso**

É muito difícil prever qual tipo de padrão corretivo tomará lugar após o término de um impulso. O único elemento que se pode prever é a porcentagem de retrocesso atingida pelo próximo movimento em relação ao impulso. Tais porcentagens dependem de qual onda do impulso em questão estiver estendida, e já foram mostradas no item 3.4 desta dissertação.

20. **Impulso terminal**

O próximo movimento após um impulso terminal deve retrair o padrão inteiro em 50% ou menos do tempo necessário para sua formação. Usualmente é necessário aproximadamente 25% do tempo. Um impulso terminal sempre completa outra formação de escala superior, e o ponto de preço mínimo ou máximo que ele produz deveria durar por um período de tempo duas vezes maior que o período de tempo que o impulso terminal levou para se formar. Se o impulso terminal for a onda 5 de outro impulso de escala superior, normalmente o maior impulso será totalmente retraçado pelo movimento futuro.

Com todas estas observações obtidas e registradas por Glenn Neely desde o ano de 1980 pode-se ter uma probabilidade maior de acertos do que erros nas previsões dos próximos acontecimentos no mercado financeiro a partir da identificação correta do término de um padrão Elliott legítimo, a custa de um trabalho exaustivo de contagem e identificação de ondas impulso e corretivas nas mais diversas escalas. A fractalidade do processo de previsão, determinada pela existência de ondas Elliott dentro de outras ondas Elliott, que por sua vez estão dentro de outras ondas Elliott, e assim sucessivamente, faz com que a previsão dos possíveis alvos atingidos pelo próximo movimento e suas respectivas probabilidades seja mais confiável com o auxílio de um programa de computador capaz de interpretar uma série de preços como ondas Elliott e de juntar recursivamente ondas para formar outras ondas de escala superior.

No item a seguir, será feito o comentário sobre um programa de computador vendido pela internet que faz todo o trabalho descrito anteriormente.

3.6 Estado da Arte

A globalização dos meios de comunicação eletrônicos, e principalmente a preocupação das empresas responsáveis pela administração e manutenção das redes mundiais de computação em utilizar o mesmo protocolo para comunicação e identificação de dados, permitiu a expansão das transações financeiras mesmo em países sem bolsa de valores ou mercadorias, dando um caráter global às bolsas localizadas nos núcleos financeiros do mundo, como Nova York, Chicago, Londres, Tóquio, etc.

Neste contexto, as ferramentas e indicadores tradicionais fornecidos pela análise técnica (ver item 2.4.4) são atualmente difundidos no mundo inteiro, através de leituras especializadas ou pela internet, e utilizados por analistas técnicos e investidores na previsão dos próximos movimentos financeiros.

Entretanto, as Elliott Waves não são tão utilizadas quanto os indicadores tradicionais. Segundo pesquisa feita pelo autor junto ao site investshop.com.br, o método dos padrões Elliott é usado atualmente como um complemento aos indicadores técnicos por analistas especializados ou investidores mais experientes.

Há também pouca bibliografia de qualidade sobre o assunto Elliott Waves. Encontra-se em compensação uma preocupação com a divulgação da teoria Elliott pela internet. Os sites a seguir são resultado da pesquisa feita sobre cursos, idéias ou softwares relacionados com a teoria das ondas Elliott junto à World Wide Web:

1. www.elliottician.com. Site responsável pela propaganda de um software baseado nas Elliott Waves que possui estatística de 92,4% de acertos nas previsões de mercado.
2. www.elliottwaveanalyzer.com. Página que vende pela Internet o programa Elliott Wave Analyzer II, projetado por Richard Swannell.
3. www.elliottwave.com. O mais completo conteúdo na Internet sobre o assunto Elliott Waves: entrevistas com investidores (traders) experientes, cursos on line, inscrição em newsletters, palestras, livros e revistas.
4. www.wavechart.com. Análise temporal de gráficos através da combinação entre o método Elliott e a análise técnica tradicional.
5. www.elliott-wave-theory.com/elliott1.html. Curso básico gratuito sobre Elliott Waves. O conhecimento do método traz confiança a novos investidores, encorajando-os a comprar programas com modelagem Elliott.
6. www.elliottandpage.com/enp/enp.nsf/public/fp. Publicidade de fundos de investimentos cujos gestores tomam decisões de entrada e saída nos vários mercados financeiros baseadas em previsões Elliott.
7. www.gann-elliott-wave.com/. Curso sobre transações financeiras utilizando-se Elliott Waves elaborado por W. D. Gann, famoso trader que ficou milionário operando nos mercados financeiros.
8. www.dynamictraders.com. Site pertencente ao trader Robert Miner, que vende livros, palestras e seminários que prometem melhorar o desempenho das operações de trading.

9. www.prophetfinance.com. Corretora de valores que atrai investidores online através da divulgação de informações e gráficos em tempo real.
10. www.store.ino.com. Catálogo de livros e gráficos sobre mercados futuros, mercados de opções, mercados de ações, transações que começam e terminam no mesmo dia (day trading), gráficos e análises, transações com moedas, sistemas de transação (trading systems) e vídeos sobre operações no mercado.
11. www.tradingfives.com/index.html. Uma parceria com Robert Prechter, que faz publicidade de gráficos e softwares com análise Elliott.
12. www.geckocharts.com. Banco de dados atualizado que contém preços de ações e commodities dos últimos 25 anos. Estes dados podem ser visualizados através de gráficos, que possuem barras de ferramentas para auxílio nas previsões técnicas ou Elliott. Duas vantagens significativas são a visualização automática das porcentagens de Fibonacci para os retrocessos previstos por Elliott e uma linha direta com a corretora de valores associada à Gecko que acata as ordens de entrada ou saída no mercado enviadas por quem comprou o banco de dados Gecko.

Para se ter um exemplo prático e atual da utilização das Elliott Waves, navegou-se no site número 2, onde vende-se um programa chamado *Elliott Wave Analyzer II Software*, inventado e produzido por Richard Swannell. Este programa procura numa série temporal de ações ou commodities todos os padrões Elliott possíveis, e após identificá-los, diz ao usuário do software qual o alvo de maior probabilidade que será atingido pelo próximo movimento. Na figura 39 tem-se o caso da previsão do índice Nasdaq.

FIGURA 39 - ELLIOTT WAVE ANALYZER II SOFTWARE



FONTE: Disponível em: www.elliottwave.com

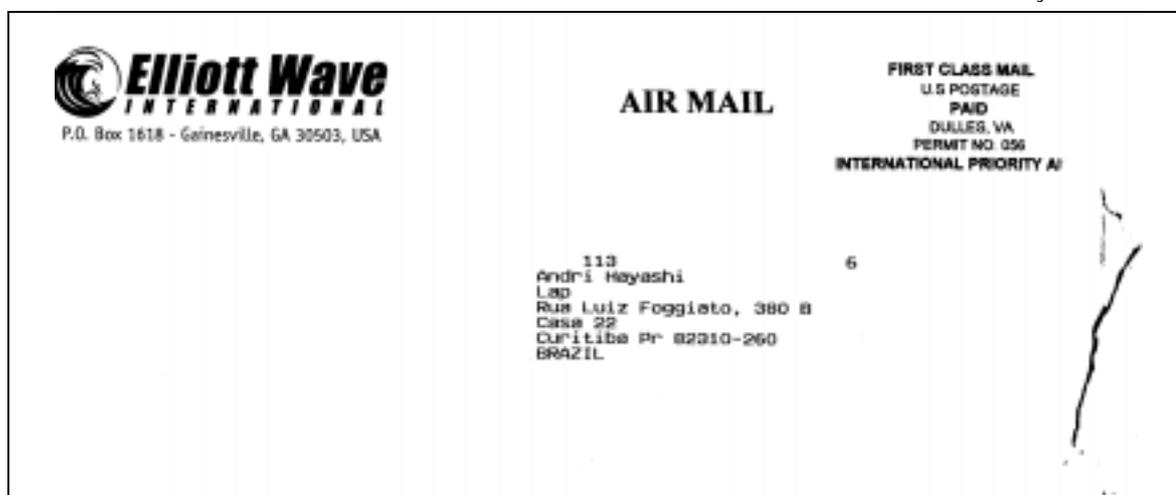
No centro da tela do programa tem-se a série temporal de preços do índice Nasdac impressa em cor azul, e a identificação das ondas Elliott é feita com letras de cor rosa (escala intermediate), cor amarela (escala primary), cor vermelha (escala cycle) e cor marrom (escala supercycle). Como descrito anteriormente, as ondas pertencentes a um impulso são numeradas de 1 a 5, e as ondas pertencentes a correções são identificadas com letras. No canto inferior direito da tela do programa encontram-se barras verticais referentes aos locais de provável término das ondas intermediate (5), primary 5, cycle **c** e supercycle (II). Estas ondas são os movimentos futuros esperados nas diversas escalas, e as regiões das barras verticais de maior largura e cor forte são os alvos futuros de maior probabilidade para cada onda. Baseado nesta previsão, o usuário entra em contato com sua corretora e ordena que compre contratos do índice Nasdac, pois, segundo o software, o mercado vai subir

do fim do gráfico azul até os alvos. A diferença entre o preço mais baixo no ato da compra e do preço mais alto no ato da venda produz o lucro esperado, se a previsão estiver correta.

Dentro do site número 2 existem depoimentos de pessoas que obtiveram sucesso nos mercados financeiros utilizando-se o programa baseado nas ondas Elliott, o que não poderia ser diferente, já que propaganda contra não seria a alma do negócio. O site também divulga várias previsões que confirmaram-se corretas através de um serviço de newsletters para assinantes. É necessário uma bateria de testes com o programa em várias situações e mercados diferentes para se comprovar, de maneira independente, a viabilidade de compra do software como investimento. Não é o objetivo desta dissertação e pode ser uma sugestão para trabalhos futuros.

Outro exemplo do que há atualmente pelo mundo sobre Elliott Waves e que fortalece a tese de que o método Elliott realmente funciona é o serviço **Flash!** vendido pela Elliott Waves International, cujo presidente é Robert Prechter, autor de uma das referências bibliográficas (Prechter, "Elliott wave principle",2000). Este serviço (flashservice@elliottwave.com) foi proposto ao autor desta dissertação através de uma carta enviada pelo correio (figura 40) aos assinantes das newsletters do site número 3.

FIGURA 40 - COMPROVANTE DO RECEBIMENTO DA CARTA COM PROPOSTA DE SERVIÇO FLASH!



Nesta carta, Prechter explica o funcionamento do serviço. A sua equipe de analistas Elliott (os chamados Elliotticians) está 24 horas por dia em cima de gráficos a procura de oportunidades de lucro nos mais diferentes mercados financeiros do mundo. Quando o término de um padrão Elliott legítimo é encontrado, e um grande movimento de preços é previsto para o futuro próximo, o sistema **Flash!** entra em contato imediato com o usuário (via fax, telefone celular) avisando-o em qual mercado o usuário deve entrar e inclusive o que deve dizer ao seu corretor: em que preço comprar ou vender e em que preço liquidar a operação. Preço do serviço: U\$ 7,000.00 por ano.

CONCLUSÕES

Optou-se em concluir o trabalho respondendo-se primeiramente à pergunta de pesquisa para que posteriormente as Elliott Waves possam ser avaliadas segundo os novos paradigmas da teoria do caos e da complexidade. Isto é, o caminho escolhido direciona-se do específico para o geral.

Como as Elliott Waves podem auxiliar uma equipe de analistas técnicos na previsão dos próximos movimentos do mercado financeiro?

As Elliott Waves são um conjunto de padrões impulsivos e de padrões corretivos que foram registrados durante anos de experiência e pesquisa nos mercados financeiros. Através principalmente dos trabalhos empíricos de Ralph N. Elliot, Robert Prechter, Glenn Neely e Richard Swannell, constatou-se a repetição, não exatamente periódica mas cíclica, de padrões (ou ondas) impulso, zigzag, flat, triângulo e suas combinações. Registrou-se também os movimentos que ocorreram com maior frequência após cada tipo de padrão. Elaborou-se então uma conjectura: a partir de correspondências estabelecidas historicamente entre padrões e eventos futuros de maior probabilidade de ocorrência, pode-se prever os movimentos de preços nos mercados financeiros após o término de um padrão Elliott legítimo ou após a conclusão de uma fase de um padrão.

Um dentre outros exemplos de previsão após o término de um padrão, citados no item 3.5, seria: depois de finalizado um flat do tipo running, o próximo movimento deve ser uma onda estendida de um impulso ou a onda **c** alongada de outro flat ou zigzag. Apesar da primeira opção ser a mais provável, tem-se certeza que o próximo movimento será contrário ao running flat e muito forte, característica compartilhada tanto por uma onda estendida como por uma onda **c** alongada. E para previsão a partir da conclusão de uma fase de um padrão, cita-se o caso da visualização em tempo real das ondas 1, 2 e 3 de um impulso. Se estas 3 ondas obedecerem de fato todas as regras do item 3.3.1, pode-se prever que o próximo movimento é a onda 4, no sentido contrário à onda 3.

O conhecimento profundo dos padrões de onda, de suas regras específicas de construção, das porcentagens Fibonacci de retrocesso em relação a movimentos anteriores e dos eventos mais prováveis de ocorrerem após a conclusão de um dos padrões Elliott, determina a formação de uma nova técnica, o princípio das Elliott Waves, que em parceria com os indicadores técnicos tradicionais (média móvel, momentum, volume, etc.) auxilia os analistas técnicos no trabalho de previsão dos mercados.

A citação a seguir, retirada do livro "Technical analysis explained" de Martin J. Prince (1991, p.2), define as características principais da análise técnica. Como visto nos itens 2 e 3 desta dissertação, o princípio das Elliott Waves compartilha essas mesmas características, o que possibilita o tratamento da identificação de padrões Elliott como um novo indicador técnico:

The technical approach to investment is essentially a reflection of the idea that prices move in trends which are determined by the changing attitudes of investors toward a variety of economic, monetary, political, and psychological forces. The art of technical analysis – for it is an art – is to identify trend changes at an early stage and to maintain an investment posture until the weight of the evidence indicates that the trend has reversed. Human nature remains more or less constant and tends to react to similar situations in consistent ways. By studying the nature of previous market turning points, it is possible to develop some characteristics that can help to identify major market tops and bottoms. Technical analysis therefore is based on assumption that people will continue to make the same mistakes they have made in the past. Human relationships are extremely complex and never repeat in identical combinations. The markets, which are a reflection of people in action, never duplicate their performance exactly, but the recurrence of similar characteristics is sufficient to enable technicians to identify major juncture points. Since no single indicator has signaled or indeed could signal every cyclical market juncture, technical analysis have developed an arsenal of tools to help isolate these points."

As Elliott Waves auxiliam portanto o trabalho de previsão dos analistas técnicos através da introdução de um indicador técnico complementar, que além de sinalizar a iminência de mudança na tendência (de altista para baixista ou de

baixista para altista), fornece a direção, o preço alvo e o tempo alvo do movimento mais provável após um impulso, um zigzag, um flat, um triângulo e uma de suas combinações, ou durante a formação de cada padrão, dada a conclusão de uma de suas fases.

Respondida a pergunta de pesquisa, citam-se na seqüência outras conclusões de relevância.

- Durante os trabalhos de pesquisa, observou-se também que a experiência é muito importante na identificação e numeração correta das ondas Elliott em suas várias escalas. De maneira fractal, padrões de escala menor se combinam para formar padrões de escala maior. A interação entre escalas de padrões pode ser relacionada ao movimento do oceano. Várias pequenas ondulações formam uma onda. Muitas ondas formam grandes ondulações do oceano. Assim como no oceano, os padrões de todas as escalas estão operando no mercado financeiro ao mesmo tempo. Pelo fato das escalas interagirem continuamente, os padrões não aparecerão exatamente da mesma maneira que ocorreram no passado, apenas aproximadamente, o que está de acordo com as teorias do caos determinista e da complexidade. A complexidade decorrente da estrutura fina das ondas Elliott aumenta a dificuldade e a quantidade de erros de análise por parte de principiantes na arte de previsão pelo princípio das ondas Elliott. Estudando-se o livro mais detalhado sobre o assunto, "Mastering Elliott Wave" (Glenn Neely, 1990), observa-se a falta de exemplos práticos de aplicação clara e segura do método em tempo real, ou seja, o método funcionando de fato nos gráficos reais dos mercados financeiros mundiais. Conclui-se desta falta de orientações mais específicas nos livros que a experiência no método Elliott só será atingida após muitas perdas nas transações por parte dos principiantes (e portanto ganhos por parte dos profissionais experientes) ou pagando-se caro pela experiência adquirida pelos autores e que não foram totalmente

registradas nos poucos livros existentes, comparecendo a seus cursos e palestras. Complementando a teia de negócios, existe em compensação uma grande quantidade de sites promovendo a venda de programas de computador que prevêm os próximos movimentos nos mercados financeiros americanos através das Elliott Waves. Estes sites explicam a origem, a bagagem histórica e os resultados positivos obtidos com a utilização dos programas, principalmente através do depoimento de quem os comprou. Trazem também explicações sobre como o método funciona, listando alguns padrões e suas regras, com o intuito apenas de convencer o comprador de que por trás do programa existe um grande trabalho empírico de pesquisa, sem entretanto ensinar o investidor a fazer previsões sozinho. Um exemplo, dentre os sites que se encontram no item 3.6, é o site www.elliottwaveanalyzer.com, onde encontra-se a venda o programa Elliott Wave Analyzer II Software, do autor Richard Swannell, pelo preço de U\$ 749,00.

- princípio das ondas Elliott não encontra suporte científico na tradicional Hipótese dos Mercados Eficientes. Contrariando a HME, o princípio Elliott não supõe a existência de total aleatoriedade (random walk) e de linearidade nos mercados financeiros. Novas teorias científicas (capítulo 2), principalmente a teoria do caos e a teoria da complexidade, podem explicar melhor o comportamento do mercado como um sistema complexo e não linear. A não linearidade do sistema financeiro torna-se evidente ao constatar-se as graves conseqüências que um boato, até mesmo insignificante e infundado, pode provocar nas cotações de uma bolsa de valores, e em efeito cascata em outras bolsas em todo o mundo. Pela teoria do caos determinista, este é o chamado efeito borboleta, ou da sensível dependência às condições iniciais. O efeito borboleta deixa bem clara a impossibilidade de se prever o futuro de um sistema complexo. Entretanto, outra descoberta da teoria do caos que a torna paradoxal, é a existência de atratores estranhos, que trazem ordem ao

caos. Se um sistema possui atratores estranhos, pode-se prever não exatamente mas aproximadamente, os estados futuros do sistema, independentemente das condições iniciais. Isto porque num espaço de fase finito de n dimensões, com n inteiro, o atrator revela uma infinidade de estados possíveis para o sistema, cujos pontos correspondentes no espaço de fase formam uma figura fractal de dimensão fracionária menor que n . Devido à estrutura fina do fractal (que pode ser observada numa seção de Poincaré transversal aos feixes do atrator), eventos muito próximos podem ocorrer uma infinidade de vezes. Eventos iguais não ocorrem, porque o atrator não é uma linha fechada. E de fato, os padrões Elliott não se repetem de forma exata, apenas aproximada, e demonstram também uma estrutura fractal com auto afinidade não estrita, já que as ondas Elliott de escala menor não são cópias reduzidas exatas, mas semelhantes, das ondas Elliott de escala maior.

- A característica fractal das séries temporais de preços dos mercados financeiros é defendida pelo criador dos fractais, Benoit Mandelbrot (item 3.1), o que certamente trouxe maior legitimidade científica ao princípio das ondas Elliott. Mandelbrot (1997, p.115) reconhece que alguns padrões Elliott de escala maior são resultado de interpolações sucessivas (explicadas no item 3.1) de geradores estudados em seu livro (Mandelbrot, 1997, p.179). Mandelbrot defende também que o movimento de preços não é puramente aleatório e não segue uma distribuição de probabilidade gaussiana (curva normal), e sim um movimento browniano fracionado (random walk com viés ou tendência) e uma distribuição Pareto Estável (lei de potência), que sob o foco da estatística se assemelha mais com uma distribuição leptocúrtica, com média alta e caudas largas, do que com uma distribuição normal. As caudas largas podem ser atribuídas ao fato de que as informações que realmente impulsionam o mercado financeiro surgem em blocos, e não de forma

contínua. Assim, grandes variações de preços ocorrem em pequenas quantidades de grandes magnitudes. Na distribuição normal, uma grande variação ocorre devido a uma grande quantidade de pequenas variações. Como a distribuição das informações é leptocúrtica, a distribuição das variações dos preços também o é. Ainda segundo Mandelbrot, os preços na economia exprimem-se gráfica e matematicamente como fractais auto afins (ou multifractais, ver item 3.1) e são exemplos de fenômenos sujeitos ao acaso selvagem ou maligno, completamente distinto do acaso benigno, gaussiano, dando um profundo golpe nos estudos tradicionais de Econometria. A lei de potência está presente em muitos fenômenos estudados pela ciência da complexidade (universalidade da lei de potência), indicando que vários sistemas complexos evoluem no limiar entre a ordem e a desordem. Entretanto, Mandelbrot (1997, p.115) critica a falta de objetividade do método Elliott, talvez por não conhecer o trabalho de Glenn Neely, autor do trabalho mais completo e minucioso sobre Elliott Waves, e que certamente é referência para trabalhos futuros no assunto.

- Edgar Peters, em seu livro "Chaos and order in the capital markets" explica bem o motivo das caudas largas. Para Peters, tudo depende da forma como os investidores reagem às informações. Caso as informações sejam refletidas nos preços assim que recebidas (uma das premissas da HME), os eventos passados não mais influenciam os eventos futuros, invalidando todo o princípio das ondas Elliott. Contudo, caso os investidores esperem que estas informações se transformem numa tendência de mercado (hipótese dos retornos crescentes de um dos cientistas da complexidade, o economista Brian Arthur, ver item 2.5), ou seja, caso eles esperem para saber o que os outros investidores irão fazer com a informação, esta tem um período de memória. Este tempo de espera é o que causa o viés no passeio ao acaso, fazendo com que o que aconteceu no passado ainda

influencie o que vai acontecer no futuro, validando a previsão de padrões Elliott em função de seus registros históricos. Peters (1996, p.170) realizou um amplo trabalho de evidenciação empírica para diversas séries de ativos. Seus resultados demonstram a presença de características próprias de sistemas dinâmicos não-lineares com estrutura fractal. A tabela 2 a seguir resume tais resultados:

TABELA 2 - DIMENSÕES FRACTAIS

ÍNDICES	DIMENSÃO FRACTAL
S&P 500	2.33
MSCI Japan	3.05
MSCI Germany	2.41
MSCI U.K.	2.94

FONTE: PETERS (1996)

SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Durante os trabalhos de dissertação, novas idéias e propostas de trabalho surgiram. A seguir tem-se sugestões de linhas de pesquisa que podem tanto complementar o trabalho presente com ferramentas matemáticas e computacionais como calcular na prática a porcentagem de acertos obtidos pelo método das ondas Elliott nos diversos mercados financeiros mundiais

- a) Testar a eficácia e o rendimento (porcentagem de acertos) do método Elliott na previsão dos próximos movimentos do índice Ibovespa da Bolsa de Valores de São Paulo, tanto do curto prazo (short term) como no longo prazo (long term).
- b) Fazer comparações entre as previsões fornecidas pelo programa Elliott Wave Analyzer II Software, de Richard Swannell (www.elliottwaveanalyzer.com) e os eventos que realmente aconteceram nos mercados de Nova York e Chicago, respectivamente os principais mercados de ações e de mercadorias (commodities) do mundo. Propõe-se fazer um escore de erros e acertos de previsão, em todas as escalas de onda (primary, cycle, intermediate, etc.) que possibilite uma avaliação da validade da compra do referido programa como investimento.
- c) O programa citado no item b não tem acesso em tempo real aos dados do Ibovespa. Propõe-se então o projeto de um programa de computador que possa ser utilizado por investidores ou hedgers brasileiros, capaz de identificar rapidamente numa série de dados numéricos do índice Ibovespa (ou qualquer outro índice de interesse) a formação dos padrões Elliott, em todas as suas variações e escalas. As descrições de cada padrão se encontram nos livros "Mastering Elliott Wave" (Glenn Neely, 1990), "The Elliott Wave Principle" (Prechter, 2000) e nos sites da World Wide Web citados no item 3.6 desta dissertação. Tais descrições podem ser

interpretadas como regras de construção e podem portanto ser codificadas numa linguagem de programação (C, Pascal, Fortran, etc.).

- d) Com o auxílio da ciência da computação e a teoria do caos, pesquisar a existência ou não de um atrator no espaço de fases regendo o movimento do índice Ibovespa. Em caso verdadeiro, calcular a dimensão fractal deste atrator.
- e) Pesquisar com maior profundidade matemática os multifractais, figuras geométricas criadas por Benoit Mandelbrot que mais se aproximam tanto em forma como em volatilidade das séries temporais econômicas.
- f) Projeto de uma empresa que administre operações de hedging por parte de exportadores brasileiros junto à bolsa de mercadorias de Chicago. Estas operações procuram defender o exportador tanto de variações indesejáveis na taxa cambial como de quedas no preço dos produtos exportados no mercado internacional.
- g) Desenvolver iniciativas semelhantes as da Prediction Company, empresa criada por Doyle e Prackard, físicos do Instituto de Santa Fé.

REFERÊNCIAS

- AXELROD, Robert; COHEN, Michael D. **Harnessing complexity**. New York: The Free Press, 1999.
- BANCROFT, Gordon; O'SULLIVAN George. **Maths and statistics for accounting and business studies**. 2.ed. London: McGraw Hill, 1988.
- BESSADA, Octavio. **O mercado de derivativos financeiros**. Rio de Janeiro: Record, 2000.
- BRIGGS, John; PEAT, F. David. **Seven life lessons of chaos**. New York: HarperCollins Publishers, 1999.
- CHORAFAS, Dimitris N. **Chaos theory in the financial markets**. Irwin, 1994.
- D'AMBROSIO, Ubiratan. **Transdisciplinaridade**. São Paulo: Palas Athena, 1997.
- GLEICK, James. **Caos**. A criação de uma nova ciência. 2.ed. Rio de Janeiro: Campos, 1987.
- GLEISER, Ilan. **Caos e complexidade**. A evolução do pensamento econômico. Rio de Janeiro: Campus, 2002.
- GRASSBERGER, P.; PROCACCIA, I. **Characterization of strange attractors**. Physical Review Letters 48, 1983.
- GUEDES, Francisco C. **Economia e complexidade**. Lisboa: Almedina, 1999.
- GUJARATI, Damodar N. **Econometria básica**. 3.ed. São Paulo: Makron Books, 1995.
- HAUGEN, Robert A. **Os segredos da bolsa**. São Paulo: Pearson Educação 2000.
- HOCK, Dee. **Nascimento da era caórdica**. São Paulo: Cultrix, 1999.
- KARAS, Elisabeth; SERRA, Celso P. **Fractais gerados por sistemas dinâmicos complexos**. Curitiba: Champagnat, 1997.
- KAUFFMAN, Stuart A. **O que é vida? Schrödinger estava certo?** São Paulo: UNESP, 1997.
- LEWIN, Roger. **Complexidade. A vida no limite do caos**. Editora Ciência Atual Rocco.
- LEVY, Samuel. **Suporte e resistência**. Manual do Assinante. Rio de Janeiro: [s.e.], [s.d.].
- LORENZ, Edward N. **The essence of chaos**. 3.ed. University of Washington Press, 1999.
- LUQUET, Mara. **Guia valor econômico de finanças pessoais**. São Paulo: Globo, 2000.
- MANDELBROT, Benoit B. A multifractal walk down Wall Street. **Scientific American**, February 1999. p.50-53.
- MANDELBROT, Benoit B. **Fractals and scaling in Finance**. New York: Springer Verlag, 1997.

NEELY, Glenn. **Mastering Elliott wave**. version 2.0. New York: Windsor Books, 1990.

NUSSENZVEIG, H. Moysés et al. **Complexidade e caos**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ/COPEA, 1999.

PEITGEN, Heinz-Otto; JÜRGENS, Hartmut; SAUPE, Dietmar. **Chaos and fractals, new frontiers of science**. New York: Springer Verlag, 1992.

PEREIRA, Eduardo N. C. **Bolsa de commodities: mercado futuro**. Rio de Janeiro: Editora da FGV, 1985.

PETERS, Edgar E. **Chaos and order in the capital markets**. 2.ed. New York: John Wiley, 1996.

PRECHTER, Robert R.; FROST, Alfred J. **Elliott wave principle**. Georgia: New Classics Library, 2000.

PRIGOGINE, Ilya. **O fim das certezas**. São Paulo: UNESP, 1996.

PRING, Martin J. **Technical analysis explained**. 3.ed. New York: McGraw-Hill, 1991.

SHAW, William. **Modelling financial derivatives**. Cambridge University Press, 1998.

SMITH, Courtney D. **Option Strategies**. 2.ed. New York: Wiley, 1996.

SOBEL, Robert. **Wall street. A história da bolsa de New York**. Rio de Janeiro: A Casa do Livro, 1967.

STACEY, Ralph D. **A fronteira do caos**. Portugal: Bertrand, 1995

STACEY, Ralph D. **Complexity and creativity in organizations**. San Francisco: Berrett-Koehler Publishers, 1996.

STEWART, Ian. **Será que Deus joga dados? A nova matemática do caos**. Rio de Janeiro: Ciência e Cultura, 1989.

TAVARES, Miguel Dirceu Fonseca. **Análise técnica aplicada aos mercados futuros**. Rio de Janeiro: IBMEC, 1988.

TEIXEIRA, Marco Aurélio; FRAGA, João Batista; BENEVIDES, Moema Unis. **Mercado de opções**. Rio de Janeiro: Correio da Serra Livraria, 1984.

THARP, Van K. **trade your way to financial freedom**. New York: McGraw-Hill, 1998.

WALDROP, M. M. **Complexity, the emerging science at the edge of order and chaos**. New York: Touchstone, 1992.

WARNECKE, H. J. **The fractal company**. Berlin: Springer-Verlag, 1993.

WOLF, A.; SWIFT, J. B.; SWINNEY, H. L.; VASTANO, J. A. **Determining Lyapunov exponents from a time series**. Physica 16D, n.3, July 1985.

YO, Goan T. **Operações a termos de mercadorias "Commodities"**. 2.ed. Rio de Janeiro: Brasimex, 1981.

ZASLAVSKY, G.M; SAGDEEV, R.Z; USIKOV, D.A; CHERNIKOV, A. A. **Weak chaos and quasi-regular patterns**. Cambridge University Press, 1991.

**ANEXO 1 - ÍNDICE DA DOW JONES COM OS RESPECTIVOS
INDICADORES TÉCNICOS**

