

# A INFLUÊNCIA DOS HORMÔNIOS ESTERÓIDES NAS DECISÕES FINANCEIRAS SOB A PERSPECTIVA DA NEUROPSICOLOGIA

*Data de aceite: 01/04/2024*

**Daniel Nuno Vancetto Borges**

**Elizeu Coutinho de Macedo**

**RESUMO:** Evidências crescentes mostram que fatores biológicos afetam decisões individuais que podem se refletir nos mercados financeiros. Dentre os diversos fatores biológicos existentes, os hormônios endócrinos vêm sendo explorados como variáveis a serem consideradas nas tomadas de decisões de um indivíduo. Os mercados financeiros nos apresentam o maior e mais intenso fórum competitivo e estressante já construído, favorecendo e estimulando o organismo dos profissionais – os traders - a produzir testosterona e cortisol em grandes quantidades e por um período de tempo considerável. A testosterona, um mensageiro químico especialmente influente na fisiologia masculina, demonstrou afetar a tomada de decisões econômicas e é relatada como uma espécie de intensificador de desempenho, justamente por promover a competição, comportamentos agressivos, territoriais e um maior apetite ao risco. Em contrapartida o ambiente estressante e competitivo estimula a produção de cortisol, dificultando o raciocínio, aumentando a aversão ao risco

e promovendo uma postura mais pessimista. Portanto, os resultados demonstram que existe a atuação de hormônios endócrinos em regiões específicas do cérebro e que estes agem diretamente na moderação do comportamento humano.

**PALAVRAS-CHAVE:** mercado, hormônios e decisão

**ABSTRACT:** Growing evidence shows that biological factors affect individual decisions that can be reflected in financial markets. Among the various existing biological factors, endocrine hormones have been explored as variables to be considered in an individual's decision making. The financial markets present us with the largest and most intense competitive and stressful forum ever built, favoring and stimulating the body of professionals - traders - to produce testosterone and cortisol in large quantities and for a considerable period of time. Testosterone, a chemical messenger especially influential in male physiology, has been shown to affect economic decision-making and is reported as a kind of performance enhancer, precisely because it promotes competition, aggressive, territorial behaviors and a greater appetite for risk. On the other hand, the stressful and competitive

environment stimulates the production of cortisol, hindering reasoning, increasing risk aversion and promoting a more pessimistic attitude. Therefore, the results demonstrate that there is the action of endocrine hormones in specific regions of the brain and that they act directly in the moderation of human behavior.

**KEYWORD:** market, hormones and decision

## INTRODUÇÃO

A literatura de finanças comportamentais mostra que os mercados financeiros se desviam significativamente da eficiência devido a decisões influenciadas pelo humor, exposição ao sol, atividade física e outros fatores não relacionados ao mercado. A neurobiologia afeta as preferências e crenças dos investidores, mas pouco se sabe sobre os aspectos biológicos da tomada de decisões financeiras. A hipótese principal deste artigo é que hormônios endócrinos fazem com que os traders, em sua grande maioria pertencentes ao sexo masculino, façam lances e solicitem preços mais altos e negligenciem o valor fundamental de um ativo, e que esses comportamentos levem empresas a falência, guerras comerciais, especulação de preços, bolhas financeiras, entre outras ações que em alguma medida impactam direta ou indiretamente na sociedade.

Evidências crescentes sugerem que fatores comportamentais afetam o comportamento econômico individual e alguns desses fatores demonstram serem mais influentes que outros. Também se demonstrou que vários mecanismos afetam a tomada de decisão financeira e os mercados (Frydman e Camerer 2016). Isso inclui a identificação de substratos neurais que predizem o preço excessivo (De Martino et al. 2013), genes que explicam a alocação de ativos (Cronqvist e Siegel 2014) e hormônios que afetam a aversão ao risco (Kandasamy et al. 2014).

Os mercados financeiros nos apresentam o maior e mais intenso fórum competitivo já construído. Aqui, o resultado da competição é, de acordo com a teoria econômica clássica, uma alocação ótima de capital para os projetos com os maiores retornos e, portanto, um aumento na prosperidade global. É certo que os mercados financeiros podem ser voláteis e alternar entre os mercados 'bull' (alta) e 'bear' (baixa). Por exemplo, os mercados em alta podem se transformar em bolhas, nas quais os investidores exibem o que foi chamado de "exuberância irracional" - uma avaliação irrealista dos retornos esperados e de sua própria capacidade de prever o futuro; por outro lado, os mercados em baixa podem se transformar em crises financeiras, nas quais os investidores exibem "pessimismo irracional" - uma aversão quase completa ao risco, ou seja, a avaliação da flutuação do preço dos ativos sofre mais com a especulação do que com mudanças estruturais na sociedade anônima a qual aquela ação pertence. Durante bolhas e colisões, os investidores geralmente reagem às mudanças nos preços de uma maneira exatamente oposta ao que a economia previa: quanto mais altos os preços dos títulos, mais os investidores os compram; quanto mais baixos os preços caem, mais os investidores os evitam. De fato, durante a Crise

de crédito de 2008-9, alguns argumentaram que os mercados haviam sido atraídos para uma singularidade em que as leis da economia não eram mais verdadeiras (Konovalov e Krajbich, 2016). A exuberância irracional e o pessimismo em nossos comportamentos competitivos e de assumir riscos contribuem significativamente para a instabilidade em nosso sistema financeiro, político e social.

Então, como podemos obter uma melhor apreciação dos fatores subjacentes a essas formas quase patológicas de assumir riscos? Durante crises financeiras e quedas de mercado, os mesmos investidores e negociadores sofrem perdas maiores do que qualquer coisa que já tenham contemplado; eles enfrentam a perda de seus empregos, até a falência pessoal, e sofrem a vergonha social de ter que reduzir o estilo de vida luxuoso que acompanhou seu aumento de riqueza durante a alta anterior. Essas crises financeiras são eventos particularmente poderosos, com os noticiários diários de instituições financeiras falidas e intervenções apressadas do governo e do banco central, ampliando o medo que se espalha por toda a comunidade financeira. A menos que alguém tenha experimentado esses eventos de cauda ou tenha observado investidores e traders em primeira mão envolvidos neles, pode ser difícil entender completamente o quão profundamente eles afetam a disposição e a capacidade de uma pessoa de assumir riscos e conseqüentemente o dinheiro passa a ser retirado do mercado propagando uma reação em cadeia. De fato, esses desafios são inerentes a qualquer estudo de laboratório de competição simulada (por exemplo, ao estudar o desempenho de atletas de elite, é difícil, se não impossível, reproduzir a singularidade da competição real e o calor do momento), sendo assim replicar os cenários dos mercados e o seu ambiente competitivo dificulta no entendimento dos atos que levam um trader a escolher um ativo.

Uma dificuldade presente que colabora para a compreensão dos mercados é que a maioria dos modelos em economia e finanças assume que “tomar risco” nesse contexto é uma atividade puramente cognitiva, ou seja, que pode ser entendida estudando apenas as próprias decisões (empregando ferramentas como lógica, teoria da informação, teoria dos jogos, psicologia cognitiva etc.), mas sem referência às alterações fisiológicas que ocorrem com o investidor ou trader. Tem sido a hipótese de estudos atuais de que essas mudanças somáticas também são - e de fato especialmente - importantes para o entendimento de escolhas mais arriscadas nos mercados financeiros e para a compreensão dos ciclos de bolhas e “crash”, assim como períodos de alta, desta maneira (Mesly e Bouchard 2016) concluíram que as preferências por risco apresentam variações e que possuem vinculação com fatores fisiológicos, sendo importante ressaltar que os achados confirmam que as flutuações de hormônios nas vias endócrinas como testosterona e cortisol são apontados como os principais determinantes da alteração das preferências por risco. Três questões importantes surgem: Como e quais áreas do encéfalo humano sofrem influência destes hormônios e como a neuropsicologia pode contribuir no entendimento de decisões econômicas de alto risco?

## Por que neurociência em economia?

Muitos argumentam que a economia está mais preocupada com o comportamento agregado do que o comportamento dos indivíduos. Embora os estudos indicam que isso não é verdade para todos os economistas, esse ainda é um ponto importante a ser abordado. A questão então é como a neurociência pode contribuir para análises de comportamento no nível do mercado?

Em sua essência, a economia preocupa-se com a relação entre alguns parâmetros ambientais X e um conjunto de comportamentos econômicos (Bernheim, 2009; Dean, 2013). Ou seja, os economistas estão interessados em entender a relação entre coisas que eles podem observar e influenciar (por exemplo, preços, probabilidades e preferências). Como essas relações são literalmente implementadas não pode interessar, a menos que esse conhecimento de alguma forma produza melhor poder preditivo, sendo assim os economistas estão interessados apenas em prever o comportamento a partir de características observáveis do ambiente. Outra questão importante é a causalidade: mesmo que uma propriedade X de uma região cerebral específica esteja correlacionada com um resultado comportamental Y, isso não implica um vínculo causal entre X e Y.

Abra um artigo sobre neuroeconomia e é mais provável que você veja menção ao córtex orbitofrontal (COF) ou ao estriado (ou aos gânglios ou sub-regiões basais abrangentes: caudado, putâmen e núcleo accumbens). A atividade nessas regiões está presente em quase todos os estudos de escolha atrelado a economia e, portanto, certamente desempenha um papel fundamental na tomada de decisões. Em 2004, Camerer, Loewenstein e Prelec escreveram sobre a agenda da neuroeconomia: trazer técnicas e conhecimentos de neurociência para a análise econômica (Camerer, Loewenstein e Prelec, 2004). A esperança naquele momento era que a nova técnica de ressonância magnética funcional (fMRI) permitisse aos pesquisadores identificar quais regiões do cérebro humano estão envolvidas em diferentes tipos de decisões.

Observe que o problema da inferência reversa é uma questão prática e não teórica. Ainda é bastante claro que diferentes regiões do cérebro são responsáveis por cálculos distintos, mas elas não parecem se alinhar exatamente com os tipos de cálculos presentes nos modelos econômico e psicológico. Isso é evidente em pesquisas com pacientes com lesão cerebral focal (“lesões”), que normalmente revelam um padrão consistente e específico de comprometimentos, mesmo que nem sempre seja claro o que liga esses comprometimentos (Ruff & Huettel, 2013). Por exemplo, danos ao córtex pré-frontal ventromedial (CPFvm) resultam em comportamento egoísta, impulsivo e geralmente desadaptativo (Bechara, Tranel & Damasio, 2000), mas ainda não está claro o que une esses comportamentos. Assim, muitas pesquisas em neurociência cognitiva, incluindo grande parte da neuroeconomia, deram uma guinada e agora procuram descobrir os cálculos que estão sendo realizados no cérebro. O foco se voltou para regiões e redes cerebrais específicas, em um esforço para entender o que eles estão fazendo e como eles interagem para produzir comportamento.

## Hormônios endócrinos

Hormônios são mensageiros químicos orgânicos produzidos e liberado por glândulas especializadas chamadas endócrinas. “Endócrino é derivado etimologicamente de *endon*, que significa “dentro”, e *krinein*, que significa “liberar”, considerando que o termo hormônio se baseia na palavra grega hormonal, o que significa “excitar”. Os hormônios são liberados dessas glândulas na corrente sanguínea, onde atuam nos órgãos-alvo (ou tecidos). Os hormônios coordenam a fisiologia e o comportamento de um animal, regulando, integrando e controlando sua função corporal.

Os hormônios têm função semelhante a outros mediadores químicos, incluindo neurotransmissores e citocinas. De fato, a divisão de mediadores químicos em categorias reflete principalmente a necessidade dos pesquisadores de organizar sistemas endócrinos, nervosos e imunológicos, em vez do que diferenças funcionais reais entre esses sinais químicos. Geralmente, apenas uma classe de hormônio é produzida por uma única glândula endócrina, mas existem algumas exceções. É importante frisar que os hormônios diferem em várias características importantes, incluindo o modo de liberação, como se movimentam através do sangue, a localização de receptores - podem viajar pelo sangue para praticamente todas as células do corpo e potencialmente interagir com qualquer célula que tenha receptores, sendo que estes são bastante específicos, são embutidos na membrana ou localizados em outras partes da célula (Nelson ,2010) - localização de tecido alvo e a maneira pela qual a interação do hormônio com seu receptor resulta em uma resposta biológica.

Como mencionado, os produtos das glândulas endócrinas são secretadas diretamente no sangue, enquanto outras glândulas, chamadas “glândulas exócrinas”, possuem ductos para os quais seus produtos são secretados (por exemplo, salivar, suor, glândulas mamárias). Algumas glândulas têm estruturas endócrinas e exócrinas (por exemplo, o pâncreas). Por exemplo, o tecido adiposo produz o hormônio, leptina e o estômago produz um hormônio chamado ‘grelina’. Provavelmente o órgão endócrino mais ativo e o aquele que produz os mais diversos tipos de hormônios é o cérebro (Nelson, 2010).

Quando receptores suficientes não estão disponíveis devido a uma condição clínica ou porque altas concentrações anteriores de um hormônio ocuparam todos os receptores disponíveis e novos ainda não foram produzidos, uma resposta pode não ser mantida. Essa redução no número de receptores pode levar a uma chamada deficiência endócrina apesar de normal ou até mesmo anormal acerca dos níveis de hormônios circulantes. Por exemplo, uma deficiência nos receptores androgênicos pode impedir o desenvolvimento de características masculinas, apesar das concentrações normais de testosterona em circulação (Nelson ,2010). Por outro lado, números elevados de receptores podem produzir manifestações clínicas de excesso endócrino apesar de uma concentração sanguínea

normal do hormônio. Assim, para entender as interações hormônio-comportamento, às vezes é necessário caracterizar sensibilidade do tecido (isto é, o número e o tipo de receptores possuído pelo tecido em questão), além de medir as concentrações hormonais.

## **Como os hormônios podem afetar o comportamento**

Todos os sistemas comportamentais, incluindo animais, compreendem três componentes que interagem: (a) sistemas de entrada (sistemas sensoriais), (b) integradores (sistema nervoso central) e (c) saída sistemas ou efetores (por exemplo, músculos). Mais uma vez, os hormônios fazem não causar mudanças comportamentais. Em vez disso, os hormônios influenciam esses três sistemas para que estímulos específicos sejam mais prováveis de maneira a obter certas respostas no comportamento ou um comportamento apropriado ao presente contexto social. Em outras palavras, os hormônios alteram a probabilidade de que um comportamento específico seja emitido na situação apropriada (Apicella et al, 2015).

Esta é uma distinção crítica que afeta a conceituação das relações hormônio-comportamento. Por exemplo, roedores fêmeas devem adotar uma rígida postura de acasalamento (chamada “lordose”) para uma cópula bem-sucedida ocorrer. As fêmeas só mostram essa postura quando no sangue altas concentrações de estrogênio coincidem com óvulos em maturação. As fêmeas adotam a postura da lordose em resposta a estímulos táteis fornecidos por um macho em montagem. Os estrogênios afetam a entrada sensorial aumentando o receptivo tamanho do campo nas células sensoriais nos flancos. O estrogênio afeta síntese protéica, as respostas eletrofisiológicas de neurônios e o surgimento de processos semelhantes a crescimento neurônios no sistema nervoso central, alterando assim a velocidade de processamento e conectividade dos neurônios. Finalmente, o estrogênio afeta a produção muscular que resulta em lordose, bem como estímulos químicos sensoriais importantes para atrair um parceiro de acasalamento (Nelson ,2010).

Que tipo de evidência seria suficiente para estabelecer que um hormônio afetou um comportamento específico ou que um comportamento específico alterou as concentrações hormonais? Experimentos para testar hipóteses sobre os efeitos dos hormônios no comportamento devem ser cuidadosamente planejados e, geralmente, duas condições devem ser satisfeitas pelo experimento, visando evidenciar um nexo de causalidade entre hormônios e comportamento: (1) um comportamento hormonalmente dependente deve desaparecer quando a fonte do hormônio é removida ou as ações do hormônio são bloqueadas, (2) as concentrações hormonais e o comportamento em pergunta deve ser covariável, ou seja, o comportamento deve ser observado somente quando as concentrações hormonais são relativamente altas e nunca ou raramente observado quando o hormônio as concentrações são baixas (Frydman e Camerer 2016).

A segunda condição é de difícil obtenção porque os hormônios podem ter uma longa latência de ação e muitos hormônios são liberados de maneira pulsátil. Por exemplo, se um pulso de hormônio for liberado no sangue, e depois não é liberado por uma hora ou mais, uma amostra única de sangue não fornecerá uma imagem precisa do status endócrino do animal em estudo (Nelson ,2010).

## **Testosterona**

Um hormônio que recebeu substancial atenção em relação a decisões que envolvem risco é a testosterona. A testosterona é um hormônio esteróide produzido principalmente pelos testículos nos homens, mas também é presente em mulheres em menor quantidade. Especificamente, a testosterona é produzida em ambos ovários e glândulas supra-renais em quantidades aproximadamente iguais, totalizando uma quantidade aproximadamente 1/8 da quantidade de testosterona normalmente encontrada em homens. A testosterona desempenha um papel importante na fisiologia e desenvolvimento reprodutivo, modula processos comportamentais relevantes para a sobrevivência e reprodução, especialmente em machos de várias espécies, incluindo seres humanos. Tem sido associada à agressão, busca de sensação, hostilidade, aquisição de alimentos, procura de parceiros e dominância no sexo masculino (Nelson ,2010).

As pesquisas sobre a interseção de hormônios e comportamento historicamente se concentraram em comportamentos relativamente simples em animais como: acasalamento, agressão e alimentação; apenas mais recentemente o papel dos hormônios foi estudado na tomada de decisões econômicas. A variedade de hormônios é demasiada extensa, mas extensivamente foi verificado na literatura que a testosterona tem efeitos diversos no que tange o espectro de estudos de comportamentos decisórios, visto que a maioria dos profissionais é do sexo masculino, e a testosterona é especialmente influente na fisiologia masculina.

Os estudos de associação são normalmente o primeiro passo para entender o relacionamento entre hormônios e comportamento. Embora seja um primeiro passo útil e pragmático, é importante reconhecer que as preocupações usuais de causalidade podem se aplicar com mais força ao campo da endocrinologia comportamental, onde a causalidade recíproca é comum. Por exemplo, uma crescente literatura sugere que, embora a testosterona possa influenciar a agressão, comportamentos ou ações agressivas este tipo de comportamento pode também estimular a produção do hormônio em outros indivíduos (Apicella et al, 2015). Períodos críticos de exposição à testosterona podem influenciar permanentemente o comportamento e afetar a maneira pela qual os indivíduos respondem aos efeitos ativadores ou não da testosterona ao longo da vida, desta maneira um profissional do mercado que atua como trader a anos pode apresentar um esquema decisório diferente de um novato, visto que o contato constante do organismo com níveis elevados de testosterona poderia modificar a estruturação fisiológica vinculada a tomada de decisões que envolvam risco.

Recentemente, pesquisadores se propuseram a examinar se a testosterona pode desempenhar um papel importante no que tange a tomada de decisões e suspeitou-se do seu envolvimento por alguns motivos. Como mencionado, o hormônio já havia sido associado a uma série de atividades que envolvem elementos de risco em humanos e outros animais. Por exemplo, os comportamentos competitivos e de risco observados em machos de muitas espécies são frequentemente ativados por testosterona durante a estação reprodutiva (Salameh et al. 2010). Além disso, a diferença de sexo documentada na aponta que ocorre o aumento da aversão ao risco econômico com o avanço da idade e que estes dados encontram na testosterona um potencial mediado (Kaufman e Vermeulen 2005).

Os níveis de testosterona masculina variam transversalmente, geralmente são 5 a 25 vezes mais altos do que em mulheres (Nadler et al. 2017) e provavelmente contribuem para as diferenças de gênero e as variações nos comportamentos intra- masculinos. Pesquisas mostram que, em relação às mulheres, os homens detêm uma esmagadora maioria dos empregos nas finanças, negociam em excesso e assumem mais riscos (Cueva et al, 2015), exibem maior excesso de confiança (Díaz e Esparcia 2019) e geram maiores bolhas de preços em mercados experimentais (Cueva et al, 2015). No cérebro, a testosterona tem sido associada ao aumento da confiança e interage com circuitos dopaminérgicos, tornando as competições euforogênicas e foi relatado que aumenta o apetite pelo risco (Apicella et al, 2015).

Segundo (Apicella et al, 2015) um animal que vence uma competição desfruta de uma chance maior de ganhar seu próximo encontro competitivo. Pesquisadores catalogaram esse fenômeno entre uma ampla gama de comportamentos e um subconjunto desses pesquisadores, ao procurar o mecanismo subjacente, descobriu que a testosterona aumenta no vencedor de uma competição enquanto cai no perdedor. Além disso, a preparação androgênica do vencedor dá uma vantagem na próxima rodada da competição, levando a um ciclo de feedback em que o próprio ato de vencer aumenta a testosterona, o que, por sua vez, contribui para um maior sucesso (Apicella et al, 2015). Evidências de um efeito vencedor mediado por testosterona também foram descritas em competidores masculinos (tanto em campo quanto em laboratório), embora esse efeito não tenha sido universalmente observado (Carre e Putman, 2010).

Também é provável que esse mecanismo de empoderamento não possa continuar indefinidamente. Nesse contexto, é interessante especular que a testosterona, como vários outros hormônios, pode exibir uma curva de resposta à dose invertida em forma de U, o que significa que além do nível ideal (testosterona) para uma determinada competição, qualquer aumento adicional pode realmente prejudicar o desempenho (Carre e Putman, 2010). Evidências para apoiar tal hipótese são fornecidas por estudos com animais nos quais a testosterona elevada (ou seja, elevada além dos níveis exigidos para acasalar ou territorialidade normal) pode incentiva-los a lutar com muita frequência, desviar-se para

o exterior, patrulhar áreas muito grandes, negligenciar os deveres dos pais e esgotar os estoques de gordura / energia, os quais levam a maior vulnerabilidade e até mortalidade (Wingfield et al, 2001). Nesses níveis elevados de testosterona, a tomada de risco efetiva se transforma em comportamento arriscado.

O primeiro estudo a relacionar diretamente a testosterona à assunção de riscos é (Apicella et al. 2008). Em um estudo envolvendo 95 homens entre 18 e 23 anos, eles descobriram que os níveis circulantes de a testosterona se correlaciona positivamente com a assunção de riscos em uma tarefa de investimento. Assunção de riscos é medido a partir de uma única opção incentivada, na qual os participantes recebem US \$ 250 em sua “conta” e pode optar por investir qualquer quantia X entre 0 e 250 em um investimento arriscado que obtém sucesso com 50% de probabilidade e falha com 50% de probabilidade. Se o investimento for bem-sucedido, o valor investido é multiplicado por 2,5 e retornou ao participante, resultando em US \$ 250 + 1,5X na conta. Se o investimento falhar, o valor investido será perdido, resultando em US \$ 250-X na conta. Independentemente do resultado, os participantes mantêm todo o dinheiro que não foi investido 250-X. No final, um participante foi sorteado aleatoriamente, o resultado do investimento foi determinado e esse participante foi pago de acordo com o saldo em sua conta. Os resultados de Apicella em seu estudo “Testosterone and Financial Risk Preferences” (2008) sugere que um homem com nível de testosterona acima 1 ponto do desvio padrão investe 12% a mais do que um homem com um nível médio de testosterona.

Em outro trabalho recente, (Apicella et al. 2015) examinam como a variação de testosterona livre afeta ganhos e perdas monetários e acabam por influenciar a tomada de decisões que envolvam risco financeiro futuro. Os pesquisadores coletam amostras de saliva de homens antes e depois de ganharem ou perderem uma série de competições com base no acaso (por exemplo, 15 testes de pedra, papel e tesoura), em que dinheiro está em jogo. A quantidade de dinheiro em jogo varia de acordo com as condições para que comparações diretas podem ser feitas entre vencedores e perdedores cujos ganhos finais são o mesmo. Assim, a amostra final inclui 49 homens que ganharam ou perderam, mas terminaram o jogo com US \$ 10. Os participantes fazem dez escolhas entre uma certa quantia (variando de \$ 1 a \$ 10 em incrementos de \$ 1) e uma aposta de 50–50 (com resultados de \$ 10 ou \$ 0), com uma decisão escolhida aleatoriamente para pagamento. Os autores descobriram que a testosterona aumentou mais nos vencedores em relação aos perdedores, embora a diferença não tenha sido significativa. Importante, a mudança de testosterona de antes para depois da competição é positivamente correlacionada com a tomada de risco monetário. É importante notar que esse resultado permanece depois de controlar o resultado da competição, sugerindo que indivíduos ainda permanecem sob a influência da testosterona no que tange a decisões que possuem maior risco econômico futuro.

Durante os mercados em alta, uma variante financeira do efeito vencedor faz com que as preferências de risco mudem para uma maior busca de risco: o aumento do mercado leva a lucros acima da média; os níveis de testosterona aumentam; a confiança e o tamanho do comércio aumentam, contribuindo, em média, para aumentar os lucros. No entanto, em algum momento dessa espiral ascendente, os níveis de testosterona excedem o pico da curva dose-resposta e começam a promover a exuberância irracional que empurra um mercado em alta para uma bolha. Depois que a bolha explode e ocorre um mercado em baixa, o aumento da incerteza e da volatilidade aumentam os níveis de cortisol e, a medida que essa resposta ao estresse persiste e se torna crônica, o cortisol promove a aversão ao risco e o pessimismo irracional que empurra o mercado em queda. Em resumo, nosso sistema endócrino contribui para mudanças pró-cíclicas no apetite ao risco.

## Cortisol

Durante os mercados em baixa - que muitas vezes entram em crise e colapsos financeiros - os mecanismos catabólicos e de estresse passam a dominar o comportamento de correr riscos. Durante todas as situações competitivas e de risco, hormônios do estresse, como adrenalina e cortisol, promovem uma excitação antecipada. O aumento do cortisol decorrente da incerteza do mercado afeta as preferências de risco; os efeitos do hipercortisolismo diferem entre uma exposição aguda (de curta duração, ou seja, minutos a horas) e uma exposição crônica (sustentada, ou seja, dias a semanas) (Kandasamy et al, 2013). Aumentos agudos nos hormônios do estresse aumentam os níveis de glicose no sangue, aumentam a frequência cardíaca e a pressão sanguínea e inibem as funções corporais não necessárias para a sobrevivência imediata, como digestão e reprodução. No cérebro, o cortisol (que atravessa a barreira hematoencefálica) aumenta a lembrança de memórias emocionalmente relevantes (Kandasamy et al, 2013) e, ao interagir com circuitos dopaminérgicos, contribui para tornar euforogênicos os riscos agudos (Putman et al, 2010)

No entanto, os efeitos de um aumento agudo (isto é, de curta duração) do cortisol podem diferir dramaticamente dos de uma elevação crônica (isto é, sustentada). Quando os níveis aumentados de cortisol persistem por dias ou semanas, podem contribuir para o desenvolvimento de irritação gástrica (mesmo ulceração franca), obesidade abdominal (visceral), resistência à insulina e diabetes tipo 2, perfis lipídicos anormais no sangue, doenças cardiovasculares (Putman et al, 2010) e função imunológica comprometida (Putman et al, 2010). No cérebro, o cortisol cronicamente elevado prejudica o controle atencional e a flexibilidade comportamental (Kandasamy et al, 2013) promove ansiedade e um recall seletivo de memórias perturbadoras, uma tendência a encontrar perigo onde não existe (Cueva et al, 2015) desencadeando até depressão. Dado esse conjunto de efeitos, parece razoável supor que níveis de cortisol cronicamente elevados também promoveriam maior aversão ao risco financeiro.

Os efeitos do hipercortisolismo crônico são grandes (Kandasamy et al, 2013), portanto deve-se considerar brevemente os prováveis mecanismos neurais através dos quais o cortisol poderia ter exercido seus efeitos. Estudos anteriores mostraram que os glicocorticóides têm efeitos dramáticos no cérebro. No hipocampo, os glicocorticóides cronicamente elevados podem reduzir a densidade da colina e o volume do hipocampo assim como aumentar a ansiedade (Kandasamy et al, 2013). Juntos, esses efeitos estão subjacentes à tendência observada de indivíduos estressados crônicos de desenvolver uma atenção seletiva a precedentes negativos, de encontrar ameaças onde não existem e até de experimentar depressão e desamparo aprendido (Kandasamy et al, 2013). Embora as mudanças morfológicas completas no cérebro ocorram por um período longo, muitos dos efeitos centrais do cortisol elevado, mesmo durante um período de 8 dias, podem começar a promover uma aversão à incerteza e à possível perda monetária (Kandasamy et al, 2013; Putman et al, 2010).

O córtex pré-frontal de certa maneira sofre com os glicocorticóides. Quando cronicamente elevados podem prejudicar a memória de trabalho, reduzir o controle atencional e limitar a flexibilidade comportamental. Esses efeitos no córtex pré-frontal aumentam a possibilidade de que o estresse crônico possa mudar a tomada de decisão de uma pessoa de processos direcionados a objetivos para processos mais habituais (Kandasamy et al, 2013) e pode reduzir a motivação e capacidade de considerar novas ações. Assumir riscos exige que pesquisemos uma variedade de oportunidades, mas o estresse, limitando a mudança de atenção e a flexibilidade comportamental, pode restringir as escolhas àquelas que são familiares e exigem a menor quantidade de pesquisa.

No entanto, quando as pessoas assumem riscos, incluindo o risco financeiro, elas precisam se dedicar a isso - elas se preparam para isso fisicamente. Seus sistemas endócrino, metabólico e cardiovascular estimulam o corpo para uma atividade iminente, e essas mudanças então retornam ao cérebro, calibrando seu risco de apetite às circunstâncias atuais (Putman et al, 2010) de maneira que o estresse constante ao qual os traders são submetidos em sua rotina faz com que seus sistemas endócrinos os desencorajam a correr riscos.

Em um dos estudos que analisaram o pregão (Coates e Herbert, 2008), testaram o efeito vencedor mediado por testosterona em traders, examinando algo semelhante a um efeito perdedor mediado por cortisol, no qual, hipotetizaram, que as perdas comerciais podem ser amplificadas pelo aumento dos níveis do hormônio do estresse, cortisol, observando que os níveis de cortisol dos traders eram notavelmente sensíveis à variação de lucros e perdas (P&L) e à volatilidade do mercado. Refletindo, esse achado é consistente com o que já se sabe sobre situações associadas a alterações no status do cortisol. Por exemplo, os níveis de cortisol aumentam como resultado de insulto / lesão, mas um aumento semelhante pode ser observado em situações em que nenhum dano ocorreu, mas apenas antecipado (Putman et al, 2010). Aqui, o aumento do cortisol faz parte

de uma resposta preparatória ao estresse, como um sistema de alerta precoce que coloca a fisiologia humana em alerta máximo; essas situações são de novidade, incontrollabilidade e incerteza. Cada uma delas é uma característica permanente dos mercados financeiros; portanto, em retrospecto, não deveria ter sido uma surpresa que os níveis de cortisol dos traders fossem tão voláteis.

Outra constatação notável em outro estudo (Coates 2008) foi que os níveis de cortisol nos comerciantes aumentaram 68% em um período de oito dias - ou seja, os traders experimentaram uma elevação sustentada (crônica) do cortisol (que contrasta com o aumento transitório que pode ser observado em uma resposta aguda (de curta duração) ao estresse. Em (Kandasamy et al, 2014) um grupo de participantes recebeu cortisol sintético, na forma de comprimidos de hidrocortisona, por oito dias, seguido de um período de washout – período que o sujeito da pesquisa permanece sem medicação de maneira a eliminá-la do organismo - e em seguida, oito dias de comprimidos de placebo. Um segundo grupo de participantes seguiu o cronograma reverso, ou seja, tratamento com placebo. Um terceiro subgrupo recebeu placebo- washout-placebo para testar os efeitos de aprendizado nas tarefas comportamentais (ou seja, alterações que ocorrem independentemente do status do cortisol). O regime de dosagem foi projetado para replicar o aumento natural nos níveis de cortisol. Em outras palavras, eles se tornaram significativamente mais avessos ao risco, com um tamanho de efeito grande (aversão ao risco aumentada em 44%). Por outro lado, uma elevação de curta duração no cortisol não teve efeito discernível nas preferências de risco.

## **Caminhos neurais e decisões financeiras**

Na medida em que a testosterona influencia decisões que pressupõe risco financeiros se faz necessário a compreensão dos canais neurais pelos quais tais ações ocorrem. Durante a última década, estudos neuroeconômicos revelaram um complexo circuito neural envolvido no processamento de recompensas, incluindo recompensa, previsão e risco (Apicella et al, 2015). As principais regiões que parecem ter relação direta com este circuito são: córtex orbitofrontal (COF), córtex cingulado anterior (CCA), amígdala (AMIG) e estriado ventral (EV) e, mais especificamente, o núcleo accumbens (NAc).

É possível que a testosterona influencie a tomada de decisão através de ações nestas regiões. Aqui prestamos especial atenção ao COF, e a via dopaminérgica mesolímbica no cérebro, que inclui o estriado ventral e o núcleo de accumbens. Um possível ponto de partida para a tomada de decisões é o córtex orbitofrontal, que se pensa desempenhar um papel crítico na codificação da recompensa (Apicella et al, 2015). Estudos descobriram que as células dentro do COF disparam em antecipação ao resultado esperado (Padoa-Schioppa e Assad 2006), sendo assim é evidente que ocorra ruído na decisão econômica em questão. Outros estudos revelam que a ativação do COF reflete tanta ordem de preferência quanto

magnitude da recompensa: “O COF parece ter um papel importante na determinação do atual valor de incentivo de um resultado comportamental, potencialmente influenciado por estados internos atuais. Além disso, o COF parece essencial ao atribuir o valor de um resultado à escolha que produziu aquele resultado ” - (Kennerley e Walton 2011) (p.312).

Além disso, o córtex orbitofrontal tem sido implicado em decisões que envolvem riscos. Por exemplo, danos ao córtex pré-frontal ventromedial, que inclui partes do COF, causaram tomadaS de decisão arriscadaS e desvantajosas (Kennerley e Walton 2011). Desta maneira o COF, bem como córtex cingulado anterior respondem ao aumento da variação no risco (Kennerley e Walton 2011). Outros elementos e construções relacionados à tomada de riscos, como a impulsividade e agressão também implicaram o COF.

Em um estudo recente, ativação no COF lateral e na AMIG após exposição a pistas emocionais estavam relacionadas à urgência negativa e que a urgência negativa mediava a relação entre essa ativação e as medidas de tomada de risco geral (Padoa-Schioppa e Assad 2006). É importante notar que nem todos os estudos apontam o córtex orbitofrontal como o maior responsável na atuação de decisões arriscadas. Por exemplo, Kuhnen e Knutson (2005) descobrem que, embora a ativação no COF e no CCA é observada durante os resultados de ganho, o nível de a ativação não prevê um comportamento de risco subsequente. No entanto, é possível que a testosterona influencie o risco econômico, afetando o COF e as regiões conectadas (Stanton et al. 2011) sugerem que a supressão do COF induzida pela testosterona pode aumentar o desejo por recompensas monetárias e diminuir a sensibilidade a punição. No entanto, atualmente não há pesquisas que sugiram que a testosterona modula a reatividade do COF a processos relacionados à recompensa usando fMRI.

Entretanto, trabalhos experimentais produzem contraditórios resultados com um estudo que demonstrou maior reatividade do córtex orbitofrontal a faces com expressão de ameaças após administração de testosterona (Mehta e Beer, 2010). Assim, a relação entre reatividade COF e testosterona não é clara. Também foi sugerido que a testosterona pode afetar o comportamento, atenuando Conectividade COF-AMIG (Stanton et al. 2011). Especificamente, o AMIG, uma estrutura cerebral envolvida em o processamento emocional pode ser menos influenciada pelo controle pré-frontal de cima para baixo quando a testosterona é alta. A administração exógena de testosterona reduz o acoplamento COF-AMIG (Mehta e Beer, 2010). Além disso, Mehta e Beer (2010) descobrem que a administração de testosterona reduz a conectividade funcional entre o AMIG e o COF. Os pesquisadores especulam que a testosterona, possivelmente aumentando a síntese ou liberação de dopamina, leva a mais respostas vigilantes do AMIG à falta de confiança. Também é valioso notar que a AMIG em si é rica em receptores de andrógenos e estrogênio e, portanto, os efeitos comportamentais da testosterona podem, em parte, ser mediados por sua interação com receptores androgênicos ou seus metabólitos interagindo com os receptores de estrogênio (Kuhnen e Knutson 2005).

## OBJETIVO

Investigar a influência dos hormônios endócrinos no comportamento humano e em decisões de risco dentro do mercado de investimentos através da perspectiva da neurociência. Descrevendo as regiões do encéfalo vinculadas com a toma de decisão, assim como articula-las com o sistema endócrino e os comportamentos desencadeados pela sua estimulação, entendendo-os dentro de contextos diversos de mercados financeiros, esperasse elucidar os fatores que influenciam nas decisões de investidores e traders.

## MÉTODO

Foi realizada uma primeira busca no portal capes com as seguintes palavras-chave: mercado financeiro, hormônios e tomada de decisão. A busca resultou em quarenta artigos, todos em inglês, que foram em um primeiro momento selecionados pela relação que poderiam possuir com o estudo, organizados em uma planilha separando-os por (Título – Ano de publicação – Relação com o tema – Justificativa).

Neste primeiro procedimento restaram doze artigos sendo eles todos relacionados com o tema proposto por esta pesquisa, desta maneira foi confeccionada uma segunda planilha, mais específica, e dividida da seguinte forma (Título – autores (ano) – Objetivo – Tipos de grupo de comparação e o N de cada – Instrumentos usados para medir – Variáveis analisadas – Principais resultados (estatística) - Conclusões do estudo – Limitações do estudo).

Sendo assim após a coleta de dados destes doze artigos e início da pesquisa foram observados outros dezoito artigos, que compunham os anteriores em sua bibliografia e que foram sendo utilizado conforme o trabalho caminhava. Todos os artigos são relativamente recentes sendo compreendidos por um período que se inicia em 2000 e termina em 2019.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O destaque da influência dos tipos hormonais em uma ampla variedade de comportamentos é relativamente recente na neuroeconomia assim como o estudo do papel dos hormônios na tomada de decisões econômicas apenas começou a ser examinado.

Evidências recentes de campo mostraram que o cortisol endógeno está intimamente associado à incerteza do mercado e que a testosterona está correlacionada com os lucros diários das negociações de profissionais de alta frequência. Portanto, é plausível que esses dois hormônios exerçam uma influência importante sobre os profissionais que operam sob condições altamente competitivas e estressantes.

Estudos apontaram que o cortisol elevado nos homens foi associado a um maior risco em ambientes experimentais que se assemelham a aspectos-chave dos pregões do mundo real. Os níveis endógenos de cortisol foram significativamente associados à atividade de

negociação, precificação incorreta e instabilidade geral dos preços nos mercados reais de ativos para vários traders, de maneira que foi específico para ações de alta volatilidade (mais arriscadas) e permaneceu significativo após o controle das expectativas e preço, sugerindo que o efeito do cortisol não operava apenas por meio da aprendizagem, disposição geral de negociar ou crenças, mas pelo aumento da disposição de tomar riscos. O fato de os valores do investimento terem aumentado especificamente nos ativos mais arriscados, mas não nos ativos de baixa variação, pode indicar que o cortisol estava particularmente envolvido e de fato estava afetando a decisão de onde colocar o investimento, e não em quanto investir.

O cortisol é um hormônio sensível a qualquer variação, portanto os níveis são rapidamente alterados em resposta a uma variedade de estímulos ambientais, particularmente demandas que são percebidas como ameaçadoras ou incontroláveis. Tais propriedades tornam o cortisol particularmente adequado para um papel na modulação do comportamento de assumir riscos em resposta a condições externas. Quando traders profissionais passam por situações de alto estresse, como antes e após a liberação de importantes indicadores econômicos, o aumento do cortisol pode, portanto, incentivar negociações menos arriscadas. Se negociações mais arriscadas, por sua vez, desestabilizarem ainda mais os preços, o cortisol pode exacerbar a reação dos investidores a novas informações. O aumento do cortisol também pode afetar as preferências de risco de um trader, mas na direção oposta à testosterona, enquanto o primeiro aumenta a aversão o outro diminui. Portanto, é provável que o cortisol suba em um colapso do mercado e, aumentando a aversão ao risco exagere o movimento descendente do mercado. A testosterona, por outro lado, provavelmente aumentará em bolhas e, ao aumentar os riscos, exagerar no movimento ascendente do mercado. Esses loops de feedback de esteróides podem ajudar a explicar por que as pessoas presas em bolhas e colisões geralmente acham difícil fazer escolhas racionais, visto que ambos os hormônios atuam conjuntamente no organismo.

Quando examinada na bibliografia a possível relação entre testosterona e comportamento encontra-se um panorama ligeiramente diferente. A testosterona responde a uma ampla gama de estímulos ambientais, particularmente aqueles que envolvem competição. As associações entre testosterona diária e níveis de lucro observadas em um estudo de campo de profissionais de alta frequência destacam que a possibilidade de um efeito desse hormônio esteróide na tomada de decisões financeiras pode ser de grande interesse econômico (Coates e Herbert, 2008).

Estudos relataram associações entre níveis circulatórios de testosterona e preferências de risco financeiro, de maneira a apontar que ocorre uma certa influência. Principalmente estudos que induziram experimentalmente testosterona através da administração direta, ou seja, quando os níveis deste hormônio têm um sobressalto ao encontrado no organismo normalmente, observa-se um efeito significativo na tomada de riscos financeiros. Os indivíduos investiram quantidades maiores de dinheiro e vincularam-se com um risco maior após a administração de testosterona do que após o placebo.

Esse efeito operou parcialmente através de uma mudança nas expectativas de preço, com a testosterona induzindo expectativas significativamente mais otimistas sobre futuros aumentos de preços. Esses achados são consistentes com evidências recentes de que alterações endógenas na testosterona são preditivas de comportamento subsequente de risco. Por exemplo, o fato de ganhar ou perder induz mudanças nos níveis de testosterona, ganhar dinheiro em uma competição demonstrou aumentar a concentração do hormônio da corrente sanguínea. As evidências mostram que o aumento da testosterona leva a um maior otimismo e risco. Dessa forma, a testosterona pode ajudar a sustentar a dinâmica de alta de um mercado “bull”, no qual altos lucros alimentam otimismo sobre futuros aumentos de preços e levam a riscos adicionais. Dependendo da situação, esse mecanismo de feedback pode não ser adequado e incentivar os traders a “montar” uma bolha no mercado de ações que mais a frente pode ocasionar problemas na economia dos mercados internacionais, movimento este que é especulativo e, portanto, direcionado por níveis de testosterona maiores nos investidores acabando por ser um ciclo que irromperá em uma desvalorização acentuada, mais conhecida como um mercado “beer”.

Em um estudo (Kennerley e Walton, 2011) em que o efeito do cortisol foi examinado através da indução de estresse nos participantes, foi observada diminuição da atividade no córtex pré-frontal medial em resposta à presença de estímulos recompensadores, mas a atividade no estriado ventral não foi afetada. Por outro lado, a administração direta de cortisol tem sido associada a atividade reduzida no estriado e na amígdala em resposta a estímulos recompensadores (Putman et al, 2009). Embora os achados sugiram um papel do cortisol e da testosterona na instabilidade dos mercados financeiros, a identificação de um mecanismo neurobiológico a partir desses dados é mais desafiadora, principalmente porque os correlatos neurais do comportamento do mercado apenas começaram a ser investigados.

## CONCLUSÃO

O presente estudo verificou que alterações de curto prazo nos níveis de cortisol e testosterona têm efeitos significativos na tomada de decisões financeiras. Os efeitos observados são compatíveis com as observações de campo em traders profissionais e sugerem que esses hormônios podem desempenhar um papel desestabilizador nos mercados financeiros. No geral, o trabalho sugere que a estabilidade nos mercados financeiros pode ser melhorada entendendo não somente o processo decisório, enxergando-o como função isolada, mas compreendendo-o como a funcionalidade de um organismo integral e, portanto, sensível, como citado extensivamente nesta pesquisa.

De fato, para a psicologia, a neuroeconomia ou economia comportamental é ainda uma área pouco explorada, entretanto ficou evidente com o desenrolar desta pesquisa que a atuação do psicólogo pode ocorrer em diversos níveis de ação e poderá, sem dúvida

alguma, colaborar na compreensão dos traders sobre o funcionamento de sua psique e organismo em sua profissão, considerando-se que os profissionais de mercado são facilmente influenciados por tendências, grande parte das vezes especulativas, acabam por comprometer não somente o volume de dinheiro e ativos de uma empresa, mas podendo impactar, devido a sua impulsividade, a economia do país.

Uma limitação evidente é a referência bibliográfica ser, em sua totalidade americana. A cultura de um país assim como a tradição de investimentos impacta fortemente na mentalidade dos investidores e traders, visto que os EUA possui mais experiência e estrutura no mercado de ativos em comparação ao Brasil; sendo que a estrutura é nada mais que a composição de uma democracia estabilizada, economia de livre mercado, produto interno bruto alto, ou seja, fatores que influenciam em maior ou menor grau o comportamento destes profissionais. Sendo assim o presente estudo é mais marcado pela mentalidade de mercado norte americana do que pela brasileira. Este é o ponto de sugestão a futuros pesquisadores do tema, seria interessante replicar alguns estudos no Brasil e verificar diferenças pertinentes a explanação das pesquisas.

## REFERÊNCIAS

AHMAD, Zamri; IBRAHIM, Haslindar; TUYON, Jasman. Institutional Investor Behavioral Biases: Syntheses of Theory and Evidence. **Management Research Review**, [s. l.], v. 5, ed. 40, p. 578-603, 2017.

APICELLA, Coren L.; DREBER, Anna; CAMPBELL, Benjamin; GRAY, Peter B.; HOFFMAN, Moshe; LITTLE, Anthony C. Testosterone and financial risk preferences. **Evolution and human behavior**, [s. l.], 1 jul. 2008.

APICELLA, Coren L.; CARRÉ, Justin M.; DREBER, Anna. Testosterone and Economic Risk Taking: A Review. **Adaptive Human Behavior and Physiology**, [s. l.], p. 358-385, 6 jan. 2015.

BECHARA, Antoine; TRANEL, Daniel; DAMASIO, Hanna. Characterization of the decision-making deficit of patients with ventromedial prefrontal cortex lesions. **Brain**, [s. l.], ed. 123, p. 2189-2202, 2000.

BOSE, Subir; LADLEY, Daniel; LI, Xin. The role of hormones in financial markets. **Social Science Research Network - SSRN**, [s. l.], 8 mar. 2016.

COATES, John; GURNELL, Mark. Combining field work and laboratory work in the study of financial risk-taking. **Hormones and Behavior**, [s. l.], 31 jan. 2017.

COATES, J. M.; HERBERT, J. Endogenous steroids and financial risk taking on a London trading floor. **PNAS**, [s. l.], 2008.

CRONQVIST, Henrik; SIEGEL, Stephan. The genetics of investment biases. **Journal of Financial Economics**, [s. l.], p. 215-234, 2014.

CUEVA, Carlos; ROBERTS, R. Edward; SPENCER, Tom; RANI, Nisha; TEMPEST,

Michelle; TOBLER, Philippe N.; HERBERT, Joe; RUSTICHINI, Aldo. Cortisol and testosterone increase financial risk taking and may destabilize markets. **Nature**, [s. l.], 2 jul. 2015.

DE MARTINO, Benedetto; FLEMING, Stephen M.; GARRETT, Neil; DOLAN, Raymond. Confidence in value-based choice. **Nature Neuroscience**, [s. l.], ed. 16, p. 105-110, 2013.

DIAZ, Antonio; ESPARCIA, Carlos. Assessing risk aversion from the investor's point of view. **Frontiers in psychology**, [s. l.], 2 jul. 2019.

FRYDMAN, Cary; CAMERER, Collin F. The psychology and neuroscience of financial decision making. **Cognitive Sciences**, [s. l.], 2016.

GOETZ, Stefan M.M.; TANG, Lingfei; THOMASON, Moriah E.; DIAMOND, Michael P.; HARIRI, Ahmad R.; CARRÉ, Justin M. Testosterone Rapidly Increases Neural Reactivity to Threat in Healthy Men: A Novel Two-Step Pharmacological Challenge Paradigm. **Biological psychiatry**, [s. l.], 2014.

GUTIÉRREZ-ROIG, Mario; SEGURA, Carlota; DUCH, Jordi; PERELLÓ, Josep. Market Imitation and Win-Stay Lose-Shift Strategies Emerge as Unintended Patterns in Market Direction Guesses. **Plos One**, [s. l.], 17 ago. 2016.

KANDASAMY, Narayanan; HARDY, Ben; PAGE, Lionel; SCHAFFNER, Markus; GRAGGABER, Johann; POWLSON, Andre S.; FLETCHER, Paul C.; GURNELL, Mark; COATES, John. Cortisol shifts financial risk preferences. **PNAS**, University of Florida, 4 mar. 2014.

MEHTA, Pranjali H.; BEER, Jennifer S. Neural Mechanisms of the Testosterone- Aggression Relation: The Role of Orbitofrontal Cortex. **Journal of Cognitive Neuroscience**, [s. l.], november 2009.

MESLY, Olivier; BOUCHARD, Stéphane. Predatory-Prey Decision Making During Market Bubbles? Preliminary Evidence from a Neurobiological Study. **Journal of Behavioral Finance**, [s. l.], 16 ago. 2016.

KENNERLEY, Steven W.; WALTON, Mark E. Decision Making and Reward in Frontal Cortex: Complementary Evidence From Neurophysiological and Neuropsychological Studies. **Behavioral Neuroscience**, [s. l.], v. 125, n. 3, p. 297-317, 2011.

KOCHER, Martin G.; LUCKS, Konstantin E.; SCHINDLER, David. Unleashing Animal Spirits: Self-Control and Overpricing in Experimental Asset Markets. **SSRN Electronic Journal**, [s. l.], 2018.

KONOVALOV, Arkady; KRAJBICH, Ian. Over a Decade of Neuroeconomics: What Have We Learned?. **Organizational Research Methods**, [s. l.], 2016.

LOEWENSTEIN, George; CAMERER, Colin Farrell; PRELEC, Drazen. Neuroeconomics: How neuroscience can inform economics. **Journal of Economic Literature**, [s. l.], v. 1, ed. 43, p. 9-64, 2005.

PADOA-SCHIOPPA, Camillo; ASSAD, John A. Neurons in Orbitofrontal Cortex Encode Economic Value. **Nature**, [s. l.], p. 223?226, 11 maio 2006.

PUTMAN, Peter; ANTYPANAKI, Niki; CRYSOVERGI, Panagiota; VAN DER DOES, Willem A. J. Exogenous cortisol acutely influences motivated decision making in healthy young men. **Psychopharmacology**, [s. l.], 2 dez. 2009.

RAGGETTI, GianMario; CERAVOLO, Maria G.; FATTOBENE, Lucrezia; DIO, Cinzia Di. Neural Correlates of Direct Access Trading in a Real Stock Market: An fMRI Investigation. **Frontiers in Neuroscience**, [s. l.], 29 set. 2017.

SAPRA, Steve; BEAVIN, Laura E.; ZAK, Paul J. A Combination of Dopamine Genes Predicts Success by Professional Wall Street Traders. **PLOS ONE**, [s. l.], 24 jan. 2012.

SAPRA, Steven G.; ZAK, Paul J. Neurofinance: Bridging Psychology, Neurology, and Investor Behavior. **SSRN Electronic Journal**, [s. l.], 2008.

SCHROEDER, Jason P.; PACKARD, Mark G. Role of dopamine receptor subtypes in the acquisition of a testosterone conditioned place preference in rats. **Neuroscience Letters**, [s. l.], 13 jan. 2000.

SILVA, Thiago Cristiano; TABAK, Benjamin Mirand; FERREIRA, Idamar Magalhães. Modeling Investor Behavior Using Machine Learning: Mean-Reversion and Momentum Trading Strategies. **Wiley**, [s. l.], 2019.

STANTON, Steven J.; MULLETTE-GILLMAN, O`Dhanial A.; MCLAURIN, R. Edward;

KUHN, Cynthia M.; LABAR, Kevin S.; PLATT, Michael L.; HUETTEL, Scott A. Low- and High-Testosterone Individuals Exhibit Decreased Aversion to Economic Risk. **Psychological Science**, [s. l.], v. 4, ed. 22, p. 447-453, 2011.

WINGFIELD, John C.; LYNN, Sharon E.; SOMA, Kiran K. Avoiding the Costs of Testosterone: Ecological Bases of Hormone-Behavior Interactions. **Brain, Behavior and Evolution**, [s. l.], ed. 57, p. 239-251, 2001.