

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA

**Eficiência de jogadores de basquetebol:  
uma análise com dados jogada a jogada**

**José Vitor Senatore de Paula Lima**

**Brasília  
2020**

JOSÉ VITOR SENATORE DE PAULA LIMA

**Eficiência de jogadores no basquetebol: uma análise com  
dados jogada a jogada**

Versão original

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade de Brasília como requisito para a obtenção do título de Mestre em Educação Física.

Área de concentração: Aspectos biológicos ligados ao desempenho e a saúde

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Lamas  
Leandro Ribeiro

Brasília  
2020

JOSÉ VITOR SENATORE DE PAULA LIMA

Eficiência de jogadores no basquetebol: uma análise com dados  
jogada a jogada

Dissertação apresentada ao Programa  
de Pós-Graduação em Educação Física  
da Universidade de Brasília como requi-  
sito para a obtenção do título de Mestre  
em Educação Física.

## **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Leonardo Lamas Leandro Ribeiro  
Orientador (Faculdade de Educação Física – UnB)

---

Prof. Dr. Dante de Rose Junior  
Examinador (Escola de Artes, Ciências e Humanidades - USP)

---

Prof. Dr. Juan Carlos Pérez Morales  
Examinador (Faculdade de Educação Física – UnB)

---

Prof. Dr. Felipe Rodrigues da Costa  
Suplente (Faculdade de Educação Física – UnB)

Vou mostrando como sou  
E vou sendo como posso  
Jogando meu corpo no mundo  
Andando por todos os cantos  
E pela lei natural dos encontros  
Eu deixo e recebo um tanto  
E passo aos olhos nus  
Ou vestidos de lunetas  
Passado, presente  
Participo sendo o mistério do planeta

Moraes Moreira e Luís Galvão (1972)

## AGRADECIMENTOS

Àqueles sem os quais eu não existiria, pai e mãe. Gratidão por incomodar, por forçar a superar os limites, por incentivar a educação;

Ao meu orientador pela oportunidade apresentada. Pelos conselhos, pelas conversas não só no contexto universitário, pela cobrança e pela amizade. Ser professor é buscar a educação e a evolução a todo momento, obrigado por isso ensinar;

À Babi, minha parceira. Por me incentivar a ser melhor a todo momento, por me fazer desejar ser uma pessoa melhor e em evolução. Por ajudar a ultrapassar os limites, por mudar quem eu sou;

Aos amigos, do presente e do passado, por todos aqueles que participaram da minha vivência nessa Terra. Da escola, da igreja, da universidade, do esporte, da vida. Seja com contato mantido ou não, a presença e as experiências sempre constituirão quem sou;

À musica, a companheira nos dias de escrita e análise. Pelos meus clássicos dos anos 90 e 00 e também pela oportunidade de amplificar o conhecimento da música brasileira dos anos 60 e 70. A história nos ensina e seus ensinamentos são mais presentes do que imaginamos;

Ao passado, pois sem ele não existiria o presente;

Ao futuro que a Deus pertence e pelo nosso presente é construído. Esse documento constitui um marco que ao ser lido sempre vai retratar o passado que hoje é presente. Que represente, com o auxílio de Deus, uma evolução da consciência, não apenas própria, mas de todos.

## Resumo

**Introdução:** Eficiência é um conceito fundamental para o desempenho no basquetebol. A facilidade de arremessar, favorecida pela posição do aro acima do chão, é contrabalanceada pela habilidade defensiva de restringir as dinâmicas ofensivas, ajudada pela restrição de tempo imposta pelos 24 segundos de posse e pela grande densidade de jogadores perto do aro. As fontes de dados, com maior disponibilidade, sobre o desempenho no jogo são os indicadores de jogo (IJs), normalmente disponíveis por meio do *box score*. O *box score* sintetiza os IJs apresentando limitações à compreensão do jogo, visto que são considerados eventos de final de posse de bola e não as ações realizadas até a finalização da posse. De forma complementar, os dados jogada a jogada (jaj) são frequentemente disponibilizados juntamente com o *box score* e consistem na descrição das ações do jogo na ordem em que ocorreram, gerando informações dinâmicas do jogo. Apesar disso, seu uso não é tão difundido quanto o do *box score*. O objetivo do estudo é avaliar o desempenho do jogador sintetizado pela sua eficiência, por meio dos IJs presentes na jaj permitindo uma análise dinâmica que não é possível por meio do *box score*. **Métodos:** O primeiro passo do estudo foi estruturar como a jaj pode ser explorada. A partir disso, apresentamos uma nova alternativa para o cálculo do índice de eficiência utilizado pela Federação Internacional de Basquetebol (FIBA), propondo correções às falhas apresentadas pelo índice. A nova métrica é chamada Índice de Pontos Produzidos (IPP) e consiste no cálculo da eficiência dos jogadores para cada IJ em função de pontos gerados no jogo médio da liga. O segundo passo foi definir os momentos do jogo de acordo com o tempo e/ou placar (p. ex. momento crítico). Os momentos do jogo são utilizados para dar contexto a avaliação do jogador. Por último, os IJs foram especificados utilizando os dados de jaj (p. ex. assistência para bandeja, rebote após lance livre). Após a definição da estrutura nós investigamos a eficiência dos jogadores de acordo com as três propostas. A amostra foi constituída por jogadores do Novo Basquete Brasil (NBB) na temporada 2018/2019 que alcançaram os seguintes critérios: i) jogar ao menos 130 minutos na temporada; ii) ao menos 10 minutos jogados em cada momento analisado ao longo da temporada (p. ex. momento crítico); iii) ao menos 30 minutos nos respectivos quartos de jogo na temporada. Testes estatísticos apropriados foram utilizados para testar as diferenças entre os cálculos de eficiência para cada comparação realizada. **Resultados:** O IPP não apresentou diferenças significativas entre o cálculo com dados de *box score* e de jaj. Entretanto, o IPP apresentou correlações mais homogêneas com os IJs (entre 0.286-0.705) do que as atuais métricas utilizadas. Além disso, a análise demonstrou que o quarto período possui padrões diferentes em relação aos outros quartos, especialmente quanto a faltas. Numa análise mais específica, houve aumento na eficiência de arremesso dos jogadores no final de jogos com pequena diferença no placar. Os jogadores que mais arremessam nesse período possuem melhor eficiência em arremesso do que os outros jogadores, também no momento supercrítico. Outra descoberta foi que situações específicas de rebote (p. ex. após lance livre) não modificam significativamente a eficiência média de rebotes. Por outro lado, a retirada das faltas de ataque ao analisar as faltas cometidas diminui o percentual de faltas para pivôs. **Discussão:** No geral, o uso dos dados de jaj melhora a compreensão do jogo, apesar de não melhorar o cálculo da eficiência do jogador. A eficiência em situações específicas do jogo calculada a partir dos dados de jaj pode melhorar o desenvolvimento de estratégias para o jogo. Uma abordagem mais ampla da eficiência dos jogadores pode beneficiar a compreensão de jogo de jogadores, técnicos e praticantes.

**Palavras-Chave:**

Análise do desempenho; *Box score*; *Play-by-play*; Abordagem Discreta; Estratégia;  
Conteúdo de Treinamento

# Abstract

**Introduction:** Efficiency is a fundamental concept for basketball performance. The easiness of shooting, favored by the target position above the floor, is counter-balanced by the defensive ability to restrict the offensive dynamics, favored by the time constraint imposed by the 24-seconds shot clock and the great density of players closer to the scoring zone. The most available source of information of game performance in basketball is the set of game-related statistics (GRSs), usually summarized in the box score. The box score summarization of GRSs presents limitations to the understanding of the game since it relates to end of possession events and do not assess the game dynamics. Complementary, the play-by-play (pbp) data, frequently available together with the box score, consists in a description of game actions in the order they happened, providing some dynamic information of the game. Nonetheless, it has not been as diffused as the box score. The goal of the present study is to evaluate a player's performance in a game, synthesized in his individual efficiency, by assessing his GRSs in the pbp data which enable the analysis of some dynamic features not available in the box score. **Methods:** The first step of the study was to present a framework in which pbp data could be explored. For this purpose, we present a new alternative for the calculation of the efficiency index used by the Basketball International Federation (FIBA), fixing validity issues of the current index. The new method is denominated Points Produced Index (PPI) and consists in calculating player's efficiency in performing each GRS and estimating the equivalence of the GRSs performed in terms of points, in a league average game. The second step was to define game moments according to time and/or scoring variables (e.g. garbage time). Game moments are used to provide context to the player evaluation based on pbp data. Finally, the GRSs were specified utilizing the pbp data (e.g. assist for a lay-up, rebound after free-throw). Afterwards, this framework, encompassing the three theoretical steps, were applied to investigate a player's efficiency in a game. Sample consisted of players from the 2018/2019 season of Novo Basquete Brasil (NBB) that achieved the criteria of: i) playing at least 130 minutes in the season; ii) at least 10 minutes across the season in each analyzed moment (e.g. clutch time); iii) at least 30 minutes across the season in each of the four game periods. Proper statistic techniques were applied to test differences between efficiency calculation methods for each comparison performed. **Results:** The proposed PPI did not present significant difference between box score and pbp based calculated values. Nonetheless, PPI presented a more homogeneous correlation with the GRSs (between 0.286-0.705) than the current efficiency calculation method. For game moments, the analysis presented the fourth quarter with distinct patterns from the rest of the game, especially for personal fouls. Furthermore, when game score was considered there was an increase in player's average performance at the end of close games. Players that shoot more frequently in close games have better shooting efficiency than other players, in the super clutch as well. We also found that rebounding on specific situations (e.g. after free throw) does not significantly modify the total rebounding efficiency average. On the contrary, the removal of offensive fouls from the personal fouls decrease the percentage of personal fouls for centers. **Discussion:** In general, the use of pbp data improves the understanding of the game, despite not improving the calculation of a player's efficiency. The efficiency in specific situations calculated with the pbp data can improve the strategy design for the game. A broader approach to player's efficiency should benefit the reasoning of the game for players, coaches and practitioners.



**Keywords:**

Performance Analysis; *Box score*; *Play-by-play*; Discrete Approach; Strategy;  
Training Contents

## Lista de figuras

1	Ciclo de Vida da Estratégia . . . . .	4
2	<i>Box score</i> do jogo de 100 pontos de Wilt Chamberlain . . . . .	8
3	<i>Box score</i> do primeiro jogo da NBA . . . . .	8
4	Etapas do desenho experimental . . . . .	31

## Lista de tabelas

1	Coeficiente dos indicadores de jogo para o <i>Statistical Plus-Minus</i> . . .	23
2	Momentos do jogo . . . . .	38
3	Ações . . . . .	41
4	Teste t independente de duas amostras da eficiência de IJs via <i>box score</i> e via jogada a jogada . . . . .	48
5	Média e desvio padrão das métricas de eficiência dos jogadores durante toda a temporada . . . . .	49
6	Resultados da ANOVA e post-hoc de Tukey para métricas de eficiência de acordo com a posição do jogador . . . . .	49
7	Correlação de Pearson entre cada métrica de eficiência e IJ . . . . .	50
8	Correlação de Pearson entre cada métrica de eficiência e IJ de pontuação	50
9	Correlação de Pearson entre cada métrica de eficiência e minutos jogados	51
10	Correlação de Pearson entre métricas de eficiência . . . . .	51
11	Teste t independente de duas amostras de pontos produzidos para IPP jaj e IPP bs . . . . .	52
12	Resultados da ANOVA e post-hoc de Tukey para eficiência de IJs no Q1, Q2, Q3 e Q4 . . . . .	53
13	Resultados da ANOVA e post-hoc de Tukey para eficiência de IJs em regular, desimportante, crítico e supercrítico . . . . .	54
14	Teste t independente de duas amostras de IJs, eficiência de IJ e IPP para os 20 principais jogadores e outros jogadores ao longo da temporada	55
15	Teste t independente de duas amostras da eficiência do arremesso, de acordo com o tempo de posse . . . . .	56
16	Resultados da ANOVA e post-hoc de Tukey para eficiência do rebote em situações específicas . . . . .	57
17	Resultados da ANOVA e post-hoc de Tukey para eficiência do rebote excluindo situações específicas . . . . .	57
18	Resultados da ANOVA e post-hoc de Tukey para eficiência de rebotes ofensivos em situações específicas de acordo com a posição do jogador	58
19	Resultados da ANOVA e post-hoc de Tukey para eficiência de rebotes ofensivos excluindo situações específicas de acordo com a posição do jogador . . . . .	59
20	Resultados da ANOVA e post-hoc de Tukey para eficiência de rebote defensivo em situações específicas de acordo com a posição do jogador	60

21	Resultados da ANOVA e post-hoc de Tukey para eficiência de rebote defensivo excluindo situações específicas de acordo com a posição do jogador . . . . .	61
22	Resultados da ANOVA e post-hoc de Tukey para o tipo de assistência% de acordo com a posição do jogador . . . . .	62
23	Resultados da ANOVA e post-hoc de Tukey para arremessos assistidos% de acordo com a posição do jogador . . . . .	62
24	Correlação de Pearson entre arremessos assistidos% e pontos% e IPP de acordo com a posição do jogador . . . . .	63
25	Teste t independente de duas amostras de pontos por arremesso assistido e pontos por arremesso não assistido de acordo com a posição do jogador e os resultados da ANOVA e post-hoc de Tukey nas posições .	64
26	Teste t independente de duas amostras de Falta% com e sem faltas ofensivas de acordo com a posição do jogador e resultados para a ANOVA e post-hoc de Tukey nas posições . . . . .	64

# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Revisão de Literatura</b>	<b>3</b>
2.1	Análise dinâmica dos esportes coletivos . . . . .	5
2.2	Análise discreta dos esportes coletivos . . . . .	7
2.2.1	O <i>box score</i> . . . . .	7
2.2.2	Estudos utilizando os dados de <i>box score</i> . . . . .	9
2.3	Variáveis baseadas nos indicadores de jogo . . . . .	12
2.3.1	Métricas Avançadas Únicas . . . . .	14
2.3.2	Métricas avançadas conjuntas . . . . .	16
<b>3</b>	<b>Objetivos</b>	<b>30</b>
3.1	Objetivo geral . . . . .	30
3.2	Objetivos específicos . . . . .	30
<b>4</b>	<b>Hipótese do estudo</b>	<b>30</b>
<b>5</b>	<b>Métodos</b>	<b>30</b>
5.1	Desenho Experimental . . . . .	30
5.2	Índice de pontos produzidos . . . . .	31
5.3	Modelando a análise com dados de jogada a jogada . . . . .	36
5.3.1	Momentos do jogo . . . . .	37
5.3.2	Ações . . . . .	39
5.3.3	Indicadores de eficiência . . . . .	45
5.4	Amostra . . . . .	46
5.5	Análise de dados . . . . .	47
<b>6</b>	<b>Resultados</b>	<b>47</b>
6.1	Índice de desempenho . . . . .	47
6.1.1	Eficiência de IJs usando <i>box score</i> e dados de jaj . . . . .	47
6.1.2	Comparação das 5 métricas (IPPjaj, IPPbs, IE, PER e WP) . . . . .	48
6.2	Tempo de jogo e diferença no placar . . . . .	52
6.2.1	Comparação de eficiência entre quartos de jogos . . . . .	52
6.2.2	Comparação de eficiência entre regular, desimportante, crítico e supercrítico . . . . .	53
6.2.3	Comparação da eficiência de arremesso de acordo com a duração da posse . . . . .	55

6.3	Ações específicas do jogo . . . . .	56
6.3.1	Rebotes . . . . .	56
6.3.2	Tipo de assistência . . . . .	61
6.3.3	Arremesso não-assistido ou assistido . . . . .	62
6.3.4	Faltas . . . . .	64
<b>7</b>	<b>Discussão</b>	<b>65</b>
7.1	Índices de desempenho . . . . .	65
7.2	Comparação de eficiência relacionada a tempo e pontuação . . . . .	67
7.3	Eficiência relacionada a ações específicas do jogo . . . . .	68
<b>8</b>	<b>Conclusão</b>	<b>71</b>
	<b>Bibliografia</b>	<b>72</b>

## 1. Introdução

O basquetebol é um esporte de equipe com grandes exigências de eficiência. Apesar de a maioria das posses de bola terminar em uma tentativa de arremesso (entre 0,8-0,9, em média), menos da metade delas termina em uma pontuação, em média (Lamas, Senatore e Fellingham, submetido). Portanto, as estratégias são projetadas para melhorar a proporção de arremessos convertidos em relação aos tentados em um jogo. Além disso, vários métodos analíticos visam avaliar os recursos mais relevantes para uma equipe superar o adversário com eficiência (Cervone et al., 2014; Lamas et al., 2014).

A avaliação do desempenho pode ser agrupada em duas abordagens principais - dinâmica (Araujo et al., 2006; Cervone et al., 2014; Lucey et al., 2014) e discreta (Sampaio and Janeira, 2003; Gómez et al., 2006; Ibáñez et al., 2008). Para uma discussão abrangente sobre o tópico, consulte Correia et al. (2013). A análise dinâmica do desempenho do basquetebol está de acordo com a formulação teórica de que os esportes coletivos podem ser caracterizados como um sistema dinâmico (Gréhaigne and Godbout, 1995; McGarry and Franks, 1996; Hughes and Bartlett, 2002; Bourbousson et al., 2010; Oh et al., 2015). A dinâmica do jogo resulta das interações dos jogadores durante o confronto, levando a comportamentos emergentes de jogadores que caracterizam padrões coletivos (de equipe) (Gréhaigne and Godbout, 1995). Enquanto isso, a análise discreta usa uma análise notacional focada em indicadores de desempenho específicos (Hughes and Bartlett, 2002). Esses indicadores de desempenho geralmente estão relacionados à pontuação ou outros eventos de fim de posse e geralmente se referem a um instante muito restrito do jogo (Hughes and Bartlett, 2002; Lamas et al., 2012).

A abordagem dinâmica pode ser compreendida por diferentes métodos, como a teoria dinâmica ecológica, a modelagem comportamental de classes táticas ofensivo-defensivas ou a análise espacial baseada em aprendizado de máquina, suportada por dados rastreados automatizados (Courel-Ibáñez et al., 2017). Nos estudos dinâmicos ecológicos, o foco está na análise das interações cooperativas e competitivas entre indivíduos e suas possibilidades, de acordo com as restrições existentes (Araujo et al., 2006, 2009; Davids and Araújo, 2010; Vilar et al., 2012). Por exemplo, o efeito do drible para quebrar a simetria da defesa e gerar uma modificação no equilíbrio da diáde atacante-defensor (Araujo et al., 2006). Complementarmente, a análise comportamental baseada em classes táticas ofensivas-defensivas concentra suas análises em conteúdos táticos definidos anteriormente com alto valor semântico para o jogo (Lamas et al., 2011, 2015; Santana et al., 2015; Lorenzo Calvo et al., 2017; Christmann et al., 2018; Hojo et al., 2018; Remmert and Chau, 2019; Santana et al., 2019). O estudo da

dinâmica de criação de espaços (Lamas et al., 2011), sua contraparte, a dinâmica de proteção do espaço (Santana et al., 2015) e suas concatenações (Santana et al., 2019) permitem a inferência sobre as principais tendências das equipes para criar espaço no sistema defensivo do oponente e a eficiência da equipe neste contexto (Christmann et al., 2018). Finalmente, a análise espacial baseada em dados rastreados automatizados é uma alternativa mais recente para pesquisas dinâmicas, permitindo a previsão de probabilidades de sucesso de ações de jogos em diferentes circunstâncias (Cervone et al., 2014; Shea, 2014). Em geral, o principal contraponto da análise dinâmica é o fato de ser demorada e/ou cara.

A análise discreta é amplamente usada devido a grande quantidade de conjuntos de dados disponíveis ao público. Normalmente, uma análise discreta avalia as informações do jogo compiladas em um *box score* - um resumo dos eventos de posse de bola realizados durante o jogo (pontos, arremessos, rebotes, assistências, roubadas, erros, tocos, faltas). Ele apresenta várias variáveis de posse de bola, por exemplo, arremessos bem-sucedidos e mal sucedidos ou rebotes ofensivos e defensivos capturados. A análise baseada em *box score* fornece uma menor resolução dos eventos do jogo, mas maior disponibilidade de conjuntos de dados. A maioria dos torneios, pelo menos no nível profissional, fornece esse tipo de informação. Além disso, geralmente, o seu uso reduz o viés da análise do observador, pois os eventos avaliados são mais objetivos (por exemplo, um arremesso de três pontos) do que comportamentos complexos que envolvem sequências de interações defensiva-ofensiva na posse de bola (Shea and Baker, 2013). Os dados de *box score* são frequentemente usados para interpretar as circunstâncias que contribuíram para a pontuação final do jogo - por exemplo, vantagem do mando de quadra (Courneya and Carron, 1992), força do oponente (Ibáñez et al., 2008), fase da competição (Sampaio and Janeira, 2003), diferença de pontos (Ángel Gómez et al., 2008), posição dos jogadores (Sampaio et al., 2006), influência física (Zhang et al., 2018) e torneios (Madarame, 2018).

Uma variável popular usada para relacionar os indicadores de jogo (IJs) de um jogador com sua contribuição para o desempenho da equipe é a eficiência do jogador. O cálculo da eficiência inclui métricas como o Player Efficiency Rating (PER) (Hollinger and Hollinger, 2005), o Wins Produced (WP) (Berri et al., 2006) e o índice de eficiência (IE) (utilizado pela FIBA e anteriormente pela NBA). O IE é frequentemente usado por ligas em todo o mundo. No entanto, o IE não considera a eficiência do jogador, mas sua produtividade. PER e WP são índices que pretendem considerar a eficiência do jogador, embora não haja definição de qual métrica seja a mais precisa.

Em nenhum dos casos mencionados, os índices de eficiência consideram características temporais do jogo (por exemplo, a pontuação do jogo quando um determinado evento ocorreu), prejudicando a avaliação das características dinâmicas do



jogo de basquetebol. Nesse sentido, as características temporais podem ser avaliadas através dos dados de jogada a jogada (jaj). A jaj consiste na descrição das ações do jogo contidas no *box score*, juntamente com o momento em que ocorreram durante o jogo. Portanto, a jaj é uma combinação de dados discretos com alguma contextualização dinâmica, dando a atribuição sequencial aos IJs de *box score*. A eficiência do jogador e a contribuição da jaj para melhorar sua medida serão investigadas no presente estudo, comparando seu potencial explicativo com os dados de *box score*. Pode ser uma alternativa para combinar a grande quantidade e disponibilidade pública de dados de *box score* com melhorias no entendimento da dinâmica do jogo que contribuiu para produzir os resultados da posse de bola.

## 2. Revisão de Literatura

O jogo de basquetebol é caracterizado como um sistema dinâmico (Gréhaigne and Godbout, 1995; McGarry and Franks, 1996; Hughes and Bartlett, 2002; Bourbousson et al., 2010; Oh et al., 2015). Um sistema compreendido por dois níveis organizacionais - a partida e a equipe. A partida é o confronto entre duas equipes diferentes, seguindo as regras do jogo. As equipes são compostas pelos jogadores que atuam de acordo com a estratégia e as inter-relações da equipe que emergem durante o jogo (Gréhaigne and Godbout, 1995). O sistema evolui como resultado de interações cooperativas e competitivas dos agentes de maneira auto-organizada (Davids et al., 1994; Kelso, 1995; McGarry et al., 2002; Bourbousson et al., 2010).

A evolução do sistema pode abranger mais do que o próprio jogo. A estratégia é o primeiro passo da preparação da equipe, consistindo na elaboração de um plano de jogo sem restrições de tempo (Gréhaigne and Godbout, 1995; Gréhaigne et al., 1999). Como a estratégia precede o jogo, a análise do jogo não pode ser separada do conteúdo estratégico. Assim, a análise do jogo deve ser usada para melhorar o conhecimento do jogo, a fim de confrontar o desempenho do jogo com o plano do jogo, com base na estratégia da equipe (Gréhaigne et al., 1999).

Portanto, a análise de jogos no basquetebol deve ser contextualizada, considerando sua dependência das etapas anteriores da preparação da equipe. Além disso, os ajustes na estratégia e preparação da equipe devem considerar as informações extraídas da análise do jogo, aumentando o potencial de aprendizado dos eventos do jogo (Fernandez-Echeverria et al., 2017; Wright et al., 2014; Palao and López-Martínez, 2012). Nesse sentido, a preparação de uma equipe de basquetebol pode ser referenciada a um sistema controlado por um ciclo de respostas, no qual a estratégia da equipe é seguida por um conjunto de práticas de treinamento com o objetivo de ensinar as especificações estratégicas aos jogadores. Finalmente, há o jogo, quando a estratégia

praticada é executada e avaliada. Posteriormente, a análise do jogo é usada para fornecer dados para uma reavaliação da estratégia e das sessões de treinamento (veja a Figura 1) (Lamas et al., 2012).

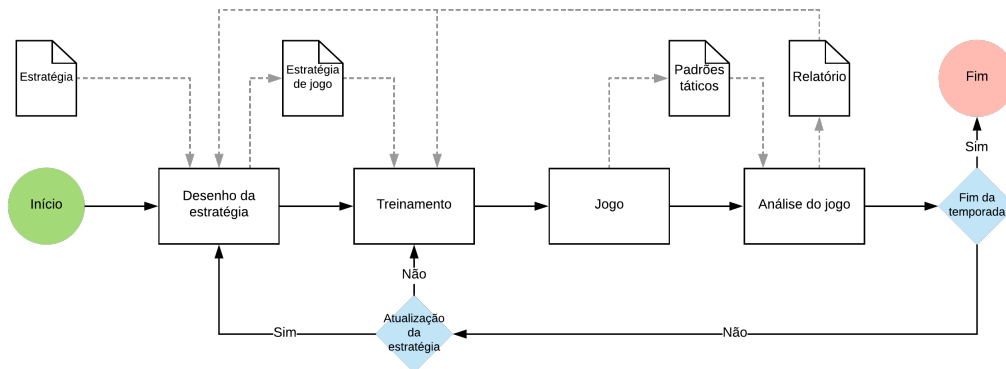


Figura 1: Ciclo de Vida da Estratégia adaptado de Lamas et al. (2012)

Para fornecer informações pertinentes, a análise de jogos pode ser discriminada em duas abordagens principais: a dinâmica e a discreta (Correia et al., 2013). A análise dinâmica abrange métodos distintos com o foco comum de procurar padrões comportamentais individuais ou coletivos em segmentos temporais pré-definidos do jogo. A principal consequência é a quantidade de informações táticas obtidas na avaliação. Assim, a noção de “dinâmico” na abordagem de análise dinâmica refere-se à avaliação de eventos sequenciais de interesse, em janelas de tempo específicas, com uma resolução arbitrária. As abordagens dinâmicas mais estabelecidas serão apresentadas para maiores esclarecimentos. Alternativamente, a análise discreta refere-se a avaliação das frequências acumuladas de um conjunto de eventos de jogo definidos arbitrariamente, geralmente denominados indicadores de jogo (IJs), e seu uso para avaliar o desempenho do jogador e da equipe. Nessa abordagem, informações sobre quando o evento ocorreu e outras informações contextuais (p. ex. pontuação do jogo, jogadores em quadra, etc.) não estão disponíveis. Em vez disso, a única informação é a frequência total acumulada ao longo do jogo.

A frequência acumulada de um IJ em si não permite o cálculo da eficiência. Eficiência pode ser definida como a frequência de uma produção em relação à quantidade total de oportunidades para a produção ocorrer (Drucker, 2013). A importância da eficiência no basquetebol está relacionada às restrições para marcar um ponto. Portanto, uma equipe mais eficiente ofensivamente e defensivamente tem uma maior chance de vencer a partida. Jogadores, como os participantes do jogo, também devem buscar serem eficientes. Considerando a dinâmica do basquetebol, com a constante substituição de jogadores, a quantidade de oportunidades para cada jogador pode variar dependendo do tempo

de jogo e do ritmo específico nos momentos em que o jogador está na quadra.

A análise dinâmica suporta a avaliação de uma quantidade maior de informações táticas e temporais do que a análise discreta. Por outro lado, a disponibilidade de dados derivados de análises discretas é muito maior e seu uso está bem estabelecido na comunidade do basquetebol. Nesse sentido, interseções entre abordagens seriam benéficas. A seguir, é apresentada uma breve revisão das principais abordagens dinâmicas. Posteriormente, a análise discreta é revisada considerando sua estrutura e as principais variáveis encontradas na literatura utilizadas para avaliar o desempenho com base nos eventos do jogo.

### *2.1. Análise dinâmica dos esportes coletivos*

O esporte apresenta dependência entre as ações e as consequências comportamentais da ação executada (McGarry and Franks, 1994). Alinhados a essa dependência, os esportes de raquete estão entre os primeiros analisados por meio de uma abordagem dinâmica. O squash, por exemplo, envolve a oposição entre dois jogadores, consistindo em longos ralis (McGarry and Franks, 1996). A consequência comportamental é exemplificada, pois algumas rebatidas no squash têm uma influência diferente no resultado do rali, pois representam uma transição do estado do jogo (McGarry et al., 1999). A análise estocástica é particularmente importante para a abordagem dinâmica do esporte, pois permite a previsão do comportamento dos jogadores em situações específicas com base em ações anteriores (McGarry and Franks, 1994).

Para apresentar a estrutura geral da análise dinâmica, McGarry (2009) indicou seis critérios exigidos, os “seis servos”: Quem ?; O quê?; Onde?; Quando ?; Por quê?; Como? (McGarry, 2009; Kipling, 2005). Esses seis servos representam perguntas que devem ser consideradas em uma análise de desempenho por meio de uma abordagem dinâmica (para obter uma explicação sobre cada questão, consulte (McGarry, 2009)). As quatro primeiras perguntas são comumente usadas em uma abordagem discreta, mas o entendimento dos padrões de jogo e seu momento só podem ser feitos com a adição das duas últimas perguntas que são consistentemente alcançadas em abordagens dinâmicas.

Em estudos anteriores, nosso grupo definiu a estrutura dinâmica da estratégia em esportes coletivos (Lamas et al., 2014). Ela foi definida como uma sequência de estados, em que um estado compreende o posicionamento dos jogadores na quadra e suas respectivas ações. O estado alcança um estado subsequente através das ações concatenadas executadas pelos jogadores (por exemplo, um jogador A com a bola recebe um bloqueio do jogador B, enquanto o jogador C executa um bloqueio para um corte em “U” do jogador D). Essa dinâmica é repetida ao longo do jogo inteiro, entre interrupções. O conteúdo dos estados e as respectivas transformações em estados

subsequentes são objeto de análise de jogo com uma abordagem dinâmica (Grehaigne et al., 1997; McGarry et al., 2002, 1999; McGarry, 2009). A busca por estruturas analíticas para abordar o conteúdo do jogo em uma perspectiva dinâmica continuou e pode ser agrupada nas seguintes classes: i) dinâmica ecológica, ii) comportamento tático e iii) rastreamento espacial (Courel-Ibáñez et al., 2017).

Na abordagem ecológica, as investigações visam compreender o processo de tomada de decisão em larga escala, levando em consideração as possibilidades oferecidas pelas restrições entre os indivíduos e as entre indivíduos e o meio ambiente (Araujo et al., 2006, 2009). Essas análises se concentram em padrões de estabilidade, variabilidade e quebra de simetria (Vilar et al., 2012). Levando à caracterização espaço-temporal de padrões comportamentais (Travassos et al., 2013).

Outra abordagem é baseada na definição de classes de comportamentos táticos com alto valor semântico para o contexto do jogo (Lamas et al., 2011; Santana et al., 2015; Fewell et al., 2012; Kempe et al., 2015; Santana et al., 2019). Bloqueios, por exemplo, são um dos recursos mais usados para criar espaço no jogo de basquetebol (Remmert and Chau, 2019). Os bloqueios podem ser agrupados nas Dinâmicas de Criação de Espaço (DCEs), o conjunto de ações responsáveis pelas rupturas na defesa (Lamas et al., 2011). Uma ruptura é um requisito ofensivo para marcar (McGarry et al., 2002). Além disso, as DCEs podem ser abordadas de maneira concatenada, pois aumentam o potencial explicativo da estratégia ofensiva (Santana et al., 2019). Complementarmente, as Dinâmicas de Proteção de Espaço (DPEs) representam a contraparte defensiva das DCEs, pois descrevem as alternativas de esforços defensivos para prejudicar a ruptura ofensiva. O uso de DCEs e DPEs combinadas gera um conjunto de informações relevantes para a análise de orientações estratégicas e o grau de sucesso das equipes na execução de suas estratégias (Santana et al., 2015). Embora as DCEs e as DPEs possam ser generalizados para diferentes esportes coletivos, elas foram aplicados especificamente ao basquetebol.

A abordagem anterior foi progressivamente complementada pelo desenvolvimento tecnológico de sistemas de rastreamento espacial (Cervone et al., 2014; Lucey et al., 2014; Miller et al., 2014; Shea, 2014; Oh et al., 2015; Sampaio et al., 2015). Os processos automatizados de aquisição de dados rastreados suportaram a coleta de grande quantidade de conjuntos de dados. Esses conjuntos de dados suportaram a análise estocástica de alta resolução de diferentes eventos, considerando os jogadores em quadra, suas características e ações (Cervone et al., 2014; Lucey et al., 2014; Miller et al., 2014; Shea, 2014). A comparação de jogadores também pode ser mais específica usando dados de rastreamento espacial. Por exemplo, a análise das diferenças entre jogadores *All-Star* e não *All-Star*, com base no tipo de arremesso realizado e na respectiva taxa de sucesso (Sampaio et al., 2015). Entre outros recursos, os jogadores *All-Star* são

melhores que os que não são *All-Star* em situações próximas à cesta (Sampaio et al., 2015). Os dados de rastreamento espacial também podem contribuir para a análise do desempenho de diferentes formações e previsão de sucesso no jogo (Oh et al., 2015). Apesar da análise dinâmica ter como objetivo fornecer um conhecimento tático do jogo, as características táticas são, as vezes, negligenciadas em relação à tecnologia envolvida na análise (Garganta, 2009). Nesse sentido, a falta de uma etapa de modelagem anterior à análise pode levar a uma abordagem sub-teorizada, conseqüentemente, um uso subótimo da tecnologia disponível (Garganta, 2009).

## ***2.2. Análise discreta dos esportes coletivos***

A análise discreta é outra abordagem principal da análise de jogos. As informações derivadas de análises discretas, principalmente IJs, são amplamente utilizadas por profissionais de mídia e esportes, embora, nesses casos, o embasamento teórico para os resultados apresentados geralmente esteja ausente ou incompleto. As características positivas dos conjuntos de dados usados para a maioria das análises dos IJs referem-se ao fato de que elas são na maioria públicas, abundantes e preservam uma estrutura de dados semelhante. Posteriormente, discutimos algumas das principais características da análise baseada em IJs.

### *2.2.1. O box score*

O *box score* resume os dados de IJs usados na maioria dos esportes coletivos. O primeiro *box score* documentado foi publicada por Henry Chadwick, membro do hall da fama do baseball, em 1859 (Baseball Hall of Fame, ND). O primeiro objetivo do *box score* era comunicar algumas informações importantes entre a mídia e os fãs. Devido a esse objetivo, o *box score* começou fornecendo algumas informações básicas sobre o jogo, a fim de fornecer aos fãs algum contexto, em um momento com pouco acesso às imagens de vídeo. Um exemplo de *box score* primitivo é o icônico jogo de 100 pontos de Wilt Chamberlain (Figura 2).

3-2

NEW YORK (147)				
	FG.	FT.	F.	Pts.
Naulls	9	13-15	5	31
Green	3	0-0	5	6
Imhoff	3	1-1	6	7
Guerin	13	13-17	5	39
Butler	4	0-0	1	8
Budd	6	1-1	1	13
Butcher	3	4-6	5	10
Buckner	16	1-1	4	33
<b>Totals</b>	<b>57</b>	<b>33-41</b>	<b>32</b>	<b>147</b>

PHILADELPHIA (169)				
	FG.	FT.	F.	Pts.
Arizin	7	2-2	0	16
Meschery	7	2-2	4	18
Chamberlain	36	28-32	2	100
Rodgers	1	9-12	5	11
Attles	8	1-1	4	17
Lareso	4	1-1	5	9
Conlin	0	0-0	1	0
Ruklick	0	0-2	2	0
Luckenbill	0	0-0	2	0
<b>Totals</b>	<b>63</b>	<b>43-53</b>	<b>25</b>	<b>169</b>
New York	26	42	38	41-147
Philadelphia	42	37	46	44-169
Attendance	4124.			

Figura 2: *Box score* do jogo de 100 pontos de Wilt Chamberlain - <http://ballislife.com/proof-wilt-chamberlain-scored-100-documentary-radio-broadcast/>

Considerando o basquetebol, o primeiro jogo da NBA entre o *New York Knickerboxers* e o Toronto Huskies já teve um *box score* (Figura 3 - adaptada para uma exibição de *box score* mais contemporânea). O *box score* era muito diferente do *box score* atual, pois fornecia apenas a quantidade de arremessos certos e a quantidade de lances livres realizados e tentados (Basketball Reference, ND). Cada IJ teve um momento diferente para iniciar sua notação nos jogos da NBA: rebotes - 1950-1951; minutos - 1951-1952; roubada - 1973-1974; tocos - 1973-1974; rebotes ofensivos - 1973-1974; rebotes defensivos - 1973-1974; erros - 1977-1978; arremessos de três pontos - 1979-1980 (NBA, ND).

New York Knicks (1-0) Share & more ▼ Glossary												
Basic Box Score Stats												
Player	MP	FG	FGA	FG%	FT	FTA	FT%	ORB	DRB	TRB	AST	PTS
Leo Gottlieb	6				2	4	.500					14
Ossie Schechtman	4				3	5	.600					11
Stan Stutz	2				5	5	1.000					9
Ralph Kaplowitz	3				1	1	1.000					7
Jake Weber	1				4	4	1.000					6
Dick Murphy	2				1	1	1.000					5
Nat Miltzok	2				1	1	1.000					5
Hank Rosenstein	2				1	2	.500					5
Tommy Byrnes	1				2	2	1.000					4
Sonny Hertzberg	1				0							2
Bob Mullens	0				0	1	.000					0
<b>Team Totals</b>	<b>240</b>	<b>24</b>			<b>20</b>							<b>68</b>

Toronto Huskies (0-1) Share & more ▼ Glossary												
Basic Box Score Stats												
Player	MP	FG	FGA	FG%	FT	FTA	FT%	ORB	DRB	TRB	AST	PTS
Ed Sadowski	8				2	6	.333					18
George Nostrand	7				2	7	.286					16
Charlie Hoefler	2				4	4	1.000					8
Mike McCarron	1				4	5	.800					6
Dick Fitzgerald	3				0	3	.000					6
Ray Wertis	3				0							6
Bob Fitzgerald	1				2	2	1.000					4
Frank Fucarino	0				1	1	1.000					1
Harry Miller	0				1	1	1.000					1
Roy Hurley	0				0							0
Hank Blasatti	0				0							0
<b>Team Totals</b>	<b>240</b>	<b>25</b>			<b>16</b>							<b>66</b>

Figura 3: *Box score* do primeiro jogo da NBA

Uma afirmação importante em relação ao *box score* é o fato de que a definição do que é observado tem uma base empírica, faltando evidências dos critérios de inclusão para os IJs nele (Oliver, 2004). Esse empirismo leva a uma série de críticas (Lewis, 2009). Entre suas muitas limitações, uma delas é a imprecisão para avaliar o desempenho defensivo (Hollinger, 2007; Berri, 2011a). No *box score*, os IJs observados são todos

relacionados à bola. Todos eles podem ser anotados se um observador estiver olhando a bola ao longo do jogo.

Com exceção das assistências, os IJs são ações de começo (rebote defensivo, rebote ofensivo e roubo) ou final (arremesso, lance livre, erro, toco e falta) de posse de bola. Além disso, embora as assistências não terminem diretamente as ações, o jogador que executa a assistência sempre teve a bola imediatamente antes do arremesso, permitindo que ela seja anotada retroativamente. Este método para acompanhar os IJs favorece que menos erros sejam cometidos, pois o estatístico (o responsável por observar os IJs) lida com critérios objetivos. A Federação Internacional de Basquete (FIBA), por exemplo, fornece um manual para estatísticos, explicando como anotar cada uma das ações do jogo e suas definições (FIBA, 2018). Outras ligas também fornecem cursos e manuais para os estatísticos (Lund, 2018). Apesar desses esforços, ainda há evidências de subjetividade na notação de eventos do jogo (van Bommel and Born, 2017). Ao mesmo tempo, não houve outro conjunto de eventos do jogo a ser observado que substituiu o conteúdo típico do *box score*. Outras ações do jogo, como bloqueios fora da bola, cortes ou bloqueios de rebote, embora tenham grande impacto no jogo, exigem uma quantidade maior de anotadores e várias observações do jogo, o que dificilmente seria feito em tempo real. Portanto, mesmo com algumas críticas, o *box score* ainda é uma ferramenta importante para a análise de jogos de basquetebol. A investigação de seu conteúdo pode eventualmente fornecer informações úteis que não seriam compreendidas simplesmente assistindo ao jogo (Elbel and Allen, 1941).

### 2.2.2. Estudos utilizando os dados de *box score*

Na literatura, os dados de *box score* têm sido amplamente utilizados para fazer inferências sobre o sucesso de uma equipe (Sampaio and Janeira, 2003). Esse extenso conjunto de investigações pode ser separado em diferentes critérios: vantagem do mando de quadra, força do oponente, fase da competição, diferença de pontos, posição dos jogadores, influência física e torneios (Courneya and Carron, 1992; Sampaio and Janeira, 2003; Sampaio et al., 2004; Ibáñez et al., 2008; Ángel Gómez et al., 2008; Özmen, 2016; Madarame, 2018).

A vantagem do mando de quadra representa uma das primeiras variáveis contextuais investigadas em diferentes esportes (Courneya and Carron, 1992), sendo estudada desde os anos 70 (Schwartz and Barsky, 1977; Varca, 1980), com evidências de um melhor desempenho em casa (Schwartz and Barsky, 1977; Varca, 1980; Silva and Andrew, 1987; Courneya and Carron, 1992; Pickens, 1994; Madrigal and James, 1999). No entanto, existem resultados controversos na literatura sobre os motivos da vantagem do mando (Courneya and Carron, 1992; Nevill and Holder, 1999). No momento, entende-se que existe uma vantagem em casa e a magnitude pode variar de acordo com

o esporte, a qualidade da equipe e a densidade de torcedores (Madrigal and James, 1999). Especificamente, dois IJs parecem estar mais associadas à vantagem em casa e ao aumento da chance de ganhar: porcentagem de arremessos e assistências (Silva and Andrew, 1987; Pickens, 1994; Madrigal and James, 1999; Sampaio and Janeira, 2003; García et al., 2014). Essa evidência deve ser tomada com cautela, pois o número de assistências tende a aumentar com o aumento dos arremessos certos (Pickens, 1994).

Outra variável, a força do oponente, é geralmente analisada separando as equipes principais da liga e as equipes inferiores de acordo com a classificação final da liga (Ibáñez et al., 2008; Doğan et al., 2016). Nesse caso, algumas evidências sugerem que os times mais fortes tendem a ter uma quantidade maior de assistências e roubadas de bola em comparação com os times inferiores (Ibáñez et al., 2008; Doğan et al., 2016). Outros indicam que os tocos também podem ser considerados um indicador discriminante entre as equipes de cima e de baixo da tabela (Ibáñez et al., 2008). Os rebotes, ofensivos e defensivos, e os erros também podem discriminar as equipes superiores e inferiores (Doğan et al., 2016). Assim, por força do oponente, os IJs não apresentam uma clara tendência de diferenciação entre equipes.

Outros estudos se concentraram na fase de competição, assumindo que a fase de *playoffs* possui as melhores equipes da competição (Sampaio and Janeira, 2003; García et al., 2013; Özmen, 2016). De acordo com esses estudos, os erros, os rebotes defensivos e os rebotes ofensivos têm um impacto maior nas vitórias nas fases posteriores da competição (Özmen, 2016). A porcentagem de lances livres e o rebote ofensivo têm uma diferença maior entre times vencedores e perdedores em jogos fora de casa nas fases posteriores (Sampaio and Janeira, 2003). Os rebotes defensivos afetam mais os jogos dos *playoffs*, pois as equipes reduzem os arremessos bem-sucedidos (García et al., 2013).

Diferença de pontos, em jogos apertados ou desequilibrados, são outra possibilidade de estudo (Sampaio and Janeira, 2003; Gómez et al., 2006; Ángel Gómez et al., 2008; Csataljay et al., 2009; Lorenzo et al., 2010; Csataljay et al., 2012; García et al., 2013, 2014). Existem algumas diferenças na definição de jogos apertados, equilibrados e desequilibrados entre os estudos, bem como na quantidade de categorias utilizadas. Apesar disso, os jogos são divididos em equilibrados e desequilibrados em geral. Em jogos equilibrados, o rebote defensivo está relacionado com vitórias (Ángel Gómez et al., 2008; Csataljay et al., 2009; García et al., 2013, 2014), bem como arremessos de dois pontos (García et al., 2013, 2014). Em jogos desequilibrados, rebote defensivo (Ángel Gómez et al., 2008; Csataljay et al., 2009; García et al., 2013), arremessos de dois pontos (Ángel Gómez et al., 2008; Csataljay et al., 2009), arremessos de três pontos (Csataljay et al., 2009; García et al., 2013) e assistências (Ángel Gómez et al., 2008; García et al., 2014) podem diferenciar a equipe vencedora. Para competições



de menores de 16 anos, assistências e erros diferenciam equipes em jogos equilibrados e arremessos de dois pontos e rebotes defensivos diferenciam equipes em jogos desequilibrados (Lorenzo et al., 2010). No basquetebol feminino, lances livres, rebotes defensivos e arremessos de três pontos diferenciam em jogos equilibrados, enquanto rebotes defensivos e roubos diferenciam equipes em jogos desequilibrados (Gómez et al., 2006).

As posições também podem ser analisadas de acordo com IJs (Sampaio et al., 2006; Gómez Ruano et al., 2007). Os armadores podem ser diferenciados dos alas com assistências, erros e arremessos de três pontos perdidos na Liga de Clubes de Basquetebol (LCB) - Portugal. Os armadores podem ser diferenciados dos pivôs pela quantidade de tocos, rebotes defensivos e arremessos de três pontos perdidos na LCB, pela quantidade de assistências, arremessos de três pontos e rebotes ofensivos na Liga de Clubes de Baloncesto (ACB) - Espanha e pelo valor de rebotes e arremessos de três pontos na NBA. Os alas e os pivôs podem ser diferenciados por assistências, rebotes defensivos, arremessos de dois pontos convertidos e lances livres na NBA (Sampaio et al., 2006). No basquetebol feminino, as armadoras estão mais relacionadas com arremessos de três pontos e assistências, enquanto as pivôs estão mais relacionadas com rebotes e tocos (Gómez Ruano et al., 2007). O perfil físico e os requisitos táticos para as posições podem contribuir para a explicação da influência desses IJs no desempenho específico (Sampaio et al., 2006; Gómez Ruano et al., 2007). Armadores e pivôs têm um papel mais específico e são mais especializados, enquanto alas são mais frequentemente caracterizados como jogadores versáteis (Sampaio et al., 2006).

A influência física no *box score* é estudada no basquetebol a partir da altura e do peso dos atletas (Zhang et al., 2018) e tem sua análise, também, no basquetebol em cadeira de rodas (Doi et al., 2018a,b). Jogadores com estatura alta e peso alto, assim como aqueles com estatura e peso médios, têm mais ações de arremessos de dois pontos convertidos e perdidos, rebotes ofensivos e defensivos, tocos e faltas; jogadores com baixa estatura e baixo peso diferem dos outros grupos principalmente em assistências (Zhang et al., 2018). No basquetebol em cadeira de rodas, jogadores de basquetebol paralímpicos, femininos e masculinos, com alta capacidade física, apresentaram valores mais altos na maioria dos IJs em relação aos jogadores de média e baixa capacidade física. Jogadores de capacidade física média também apresentaram valores mais altos do que jogadores de baixa capacidade física (Doi et al., 2018a,b).

As diferenças entre os sexos também foram analisadas (Sampaio et al., 2004). O basquetebol feminino apresenta uma porcentagem maior de roubadas de bola e arremessos de dois pontos perdidos do que o basquetebol masculino (Sampaio et al., 2004). O basquetebol masculino apresenta uma porcentagem maior de tocos do que o feminino (Sampaio et al., 2004). No basquetebol em cadeira de rodas, o jogo das mulheres

pode ser caracterizado por uma importância maior de rebotes ofensivos, enquanto o jogo dos homens pode ser caracterizado por lances livres e faltas (Gómez et al., 2014).

Diferentes torneios apresentam características distintas de jogo (Madarame, 2018). Os campeonatos mundiais evidenciam os diferentes estilos de jogo e as características dos jogadores. Adquirir conhecimento sobre essas diferenças pode ajudar na preparação para eles (Madarame, 2018). Por exemplo, para competições continentais menores de 18 anos para mulheres, as equipes de torneios asiáticos tiveram uma quantidade maior de posse de bola por jogo, o torneio africano e americano teve uma quantidade maior de erros e o torneio europeu teve um diferencial de pontos mais baixo (Madarame, 2018). Além disso, os papéis específicos das posições podem apresentar variações de acordo com a liga (Sampaio et al., 2006).

Como observado nos estudos mencionados, analisando diferentes contextos do jogo, existem vários fatores que influenciam a contribuição dos IJs para o resultado final do jogo (vantagem do mando de quadra, força do oponente, fase da competição, diferencial de pontos, posição dos jogadores, influência física e torneios). Portanto, a influência de cada IJ na vitória não é determinística e sua capacidade preditiva pode depender do contexto. Considerando isso, os estudos podem se concentrar em analisar o desempenho de equipes e jogadores, levando em consideração os múltiplos fatores que influenciam o jogo. Especificamente, para analisar o desempenho do jogador, algumas variáveis foram desenvolvidas para explorar o potencial explicativo dos IJs. Essas variáveis serão discutidas na subseção a seguir.

### ***2.3. Variáveis baseadas nos indicadores de jogo***

O índice mais utilizado derivado dos IJs é o índice de eficiência (IE), ele possui diferentes fórmulas quanto ao uso de alguns IJs, como faltas, mas, em geral, é usado em várias ligas. O IE apresenta uma fórmula simples, como indicado abaixo:

$$IE = Pts + Ast + Stl + Blk + OReb + DReb - Tov - FGms - FTms \quad (1)$$

Onde: Pts - ponto; Ast - assistência; Stl - roubo; Blk - toco; OReb - rebote ofensivo; DReb - rebote defensivo; Tov - erro; FGms - arremesso errado; FTms - lance livre errado.

O IE, como a fórmula demonstra, não é realmente uma fórmula de eficiência, mas uma fórmula de produtividade. Quanto mais o jogador produz, melhores resultados ele tem. A fórmula não possui nenhum tipo de proporção que possa defini-la como uma fórmula de eficiência.

Para superar isso, diferentes variáveis baseadas em IJs foram criadas. O objetivo delas é analisar o desempenho de um jogador e/ou equipe usando dados de *box score* e fornecer informações sobre recursos progressivamente mais específicos do jogador e

da equipe (Ibáñez et al., 2008). Essas variáveis são referenciadas às posses da equipe, pois correspondem as oportunidades que a equipe tem no jogo para realizar os eventos calculados nos IJs (Kubatko et al., 2007).

Para compreender e calcular as variáveis de IJ, a posse precisa ser definida. Ela pode ter duas definições. Uma delas é: “A posse começa quando um time ganha o controle (ou posse) da bola e termina quando o time desiste do controle da bola. As equipes podem desistir da posse da bola de várias maneiras, incluindo (1) arremessos ou lances livres que levam a outra equipe a ter o fundo bola, (2) rebotes defensivos e (3) erros. Observe que, sob esta definição de posse, uma recuperação ofensiva não inicia uma nova posse; um rebote ofensivo inicia uma nova jogada.” (Kubatko et al., 2007). Como observado na definição, os rebotes ofensivos não seriam contados como uma nova posse. Alternativamente, um rebote ofensivo pode ser considerado como o início de uma nova posse, assumindo a critério de que uma equipe começa uma posse após: reposição de bola, roubo, rebote ofensivo ou rebote defensivo (Shirley, 2007).

O uso ou não de rebotes ofensivos em posses pode ser discutido. Um argumento para não considerar os rebotes ofensivos como novas posses é que uma nova posse só acontece quando há uma mudança da equipe no controle da bola. Isso não aconteceria em um rebote ofensivo, pois a equipe defensora não terminou a ação defensiva após o arremesso e o ataque teve outra oportunidade de marcar. Por outro lado, um argumento para considerar o rebote ofensivo como nova posse é que, quando a bola é arremessada e disponível para rebote, nenhum time tem posse e o time que captura o rebote, seja o ataque ou a defesa, teria uma nova posse. Nesse caso, o arremesso feito anteriormente termina uma ação ofensiva e o sucesso em reconquistar a bola indica uma nova possibilidade para a equipe marcar.

Considerando que o relógio de posse é redefinido para 14 segundos após um rebote ofensivo. O rebote ofensivos será considerado como uma nova posse no presente trabalho. Portanto, a fórmula utilizada para posse é:

$$Poss = FGA + (FTA * 0.44) + Tov \quad (2)$$

Onde: Poss - posse; FGA - arremesso tentado; FTA - lance livre tentado.

Essa escolha afetará o cálculo dos índices (Kubatko et al., 2007), que são variáveis relacionadas aos eventos realizados divididos pelo total de posses. Os índices são relevantes porque os jogos de basquetebol podem ter ritmos diferentes, influenciando o número de posses que podem ocorrer. Assim, os índices são uma normalização dos IJs, considerando o número de posses em um jogo.

Inspiradas nos índices e para analisar um jogo independentemente de seu ritmo, foram criadas as chamadas “métricas avançadas”. Métricas avançadas é um nome popularmente dado a um conjunto de métricas que dão mais contexto aos IJs apresen-

tados no *box score*, algumas estatísticas “não óbvias” ou “além do *box score*” (Martínez and Martínez, 2011).

As métricas avançadas podem ser divididas em dois grupos: métricas avançadas únicas (MAUs) e métricas avançadas conjuntas (MACs). As MAUs estão focadas em explicar um único IJ. Para calculá-las, o IJ é normalizado em relação à frequência/posse, de modo que as informações apresentadas sofram menor influência do ritmo do jogo. Essa normalização permite comparações entre jogadores em diferentes jogos e/ou equipes diferentes. MACs são tentativas de classificar o desempenho de jogadores e equipes, considerando a combinação de diferentes IJs ou MAUs, fornecendo um valor final para o desempenho do jogador.

### 2.3.1. Métricas Avançadas Únicas

MAUs são um conjunto de variáveis definidas por proporções entre o IJ e as oportunidades para executá-lo. O cálculo das MAUs, usando dados de *box score*, pressupõe que as ações no jogo apresentem uma frequência de ocorrência constante (por exemplo, se houvesse dez arremessos em cinco minutos, haveria 20 arremessos em dez minutos). Isso pode ou não ser verdade, pois o ritmo do jogo pode mudar ao longo dele. No entanto, os dados de *box score* não fornecem IJs para períodos específicos de tempo, tornando impossível calcular a quantidade precisa de oportunidades. Essa suposição de constância permite o cálculo de MAUs, um conjunto de métricas que avaliam as ações do jogo com uma perspectiva de eficiência. Algumas das MAUs são: *true shooting* (TS%), *effective field goal* (eFG%), porcentagem de rebote ofensivo (OReb%), porcentagem de rebote defensivo (DReb%), porcentagem de assistência (Ast%), porcentagem de roubo (Stl%), porcentagem de erro (Tov%), porcentagem de toco (Blk%) e porcentagem de falta (PF%). Essas MAUs serão analisadas nos parágrafos seguintes.

As métricas de arremesso são TS% e eFG%. O objetivo principal delas é considerar o diferente valor dos arremessos de dois e três pontos. Nas duas situações, um arremesso é feito, mas o valor para a equipe é diferente em cada uma delas. Portanto, um arremesso de três pontos vale mais que um arremesso de dois pontos e essa diferença deve ser considerada. TS% consiste na quantidade de pontos marcados dividida por duas vezes o total de tentativas de arremesso, incluindo lances livres. eFG% analisa a quantidade de arremessos convertidos, adicionando um peso extra para arremessos de três pontos, dividido pela quantidade de arremessos tentados. A diferença entre as duas métricas é o uso de lances livres no TS%. As fórmulas são:

$$TS\% = \frac{Pts}{2 * (FGA + (0.44 * FTA))} \quad (3)$$

$$eFG\% = \frac{((FGM) + (0,5 * 3PM))}{FGA} \quad (4)$$

Onde: FGM - arremesso convertido; 3PM - arremesso de três pontos convertido.

As métricas de rebote são OReb% e DReb%. Seu principal objetivo é relacionar a quantidade de rebotes capturados pelo jogador com a quantidade de rebotes capturados por ambas as equipes enquanto o jogador esteve em quadra. Para o cálculo do OReb% é considerada a quantidade de rebotes ofensivos do time e de rebotes defensivos do oponente. Enquanto para o DReb% é considerada a quantidade de rebotes defensivos do time e de rebotes ofensivos do oponente. As fórmulas são:

$$OReb\% = \frac{OReb * Min_t}{(OReb_t + DReb_{opp}) * Min} \quad (5)$$

Onde: Min - minutos;  $t$  - time;  $_{opp}$  - oponente; a ausência de subscrito indica uma ação do jogador.

$$DReb\% = \frac{DReb * Min_t}{(DReb_t + OReb_{opp}) * Min} \quad (6)$$

A métrica de assistência é Ast%. Seu principal objetivo é analisar a quantidade de assistências dadas por um jogador em comparação com a quantidade de arremessos convertidos pelos companheiros de equipe. Para calcular os arremessos convertidos pelos companheiros de equipe, a quantidade de arremessos e lances livres <sup>1</sup> convertidos pelo jogador é subtraída da quantidade convertida pela equipe. A fórmula é:

$$Ast\% = \frac{Ast * Min_t}{(FGM_t + (0,44 * FTM_t) - FGM - (0,44 * FTM)) * Min} \quad (7)$$

Onde: FTM - lance livre convertido.

Existem três métricas analisadas em relação à quantidade de posses, uma vez que não há outro requisito para que elas aconteçam além de uma posse. Elas são Stl%, Tov% e PF%. Roubos e faltas podem ocorrer a qualquer momento em que o oponente possua a bola. Assim, Stl% e PF% são a divisão do respectivo IJ pela quantidade de posses dos oponentes. O erro ocorre quando a equipe tem posse da bola. Assim, Tov% é a divisão do IJ pela quantidade de posses da equipe. As fórmulas são:

$$Stl\% = \frac{Stl * Min_t}{Poss_{opp} * Min} \quad (8)$$

$$PF\% = \frac{PF * Min_t}{Poss_{opp} * Min} \quad (9)$$

---

<sup>1</sup>A NBA não considera assistências em lances livres, portanto, eles não apareceriam na fórmula Ast% para a NBA. A fórmula apresentada é consistente com a definição de assistência da FIBA.

$$Tov\% = \frac{Tov * Min_t}{Poss_t * Min} \quad (10)$$

A métrica de bloqueio é Blk%. Seu principal objetivo é analisar a quantidade de tocos em relação à quantidade de arremessos tentados do oponente. A divisão dos tocos pela quantidade de arremessos tentados pelo oponente é o Blk%. A fórmula é:

$$Blk\% = \frac{Blk * Min_t}{FGA_{opp} * Min} \quad (11)$$

### 2.3.2. Métricas avançadas conjuntas

Além das métricas focadas em um IJ específico, existem métricas focadas em fornecer uma visão mais ampla da equipe ou do jogador - as MACs. As MACs podem usar as MAUs ou os IJs. Elas frequentemente aplicam vários IJs na mesma fórmula. Diferentemente das MAUs que usam exclusivamente uma abordagem *bottom-up*, existem duas abordagens possíveis nas distintas MACs: *top-down* e *bottom-up*.

O mais-menos é o maior representante de uma abordagem *top-down*. Ele é definido pela diferença entre os pontos marcados e sofridos durante um certo período de tempo. Essa noção também pode ser usada com outros IJs para desenvolver métricas *top-down*. Por exemplo, a comparação entre rebotes com o jogador dentro e fora da quadra para estimar o impacto do jogador nos rebotes totais. Esse impacto pode ocorrer não apenas pela captura de rebotes, mas com outras ações que não são mostradas no *box score*, como bloqueios de rebote, quando um jogador bloqueia a tentativa de outro jogador pegar o rebote. Essa ação pode melhorar a quantidade de rebotes capturados pela equipe, mas não aparece nas métricas *bottom-up*. O grande viés das métricas *top-down* é o efeito da qualidade dos companheiros de equipe no desempenho de um jogador. Jogadores que jogam com grande reboteiros ou grande defensores como companheiros de equipe podem ter seu impacto em rebotes e defesas superestimados devido ao desempenho dominante de outros companheiros de equipe. Portanto, o principal objetivo ao tornar as métricas *top-down* mais precisas é reduzir o efeito do desempenho do companheiro de equipe no desempenho do jogador, por exemplo, considerando a presença dentro e fora da quadra de todos os jogadores e medindo a diferença entre esse desempenho (Shea and Baker, 2013).

Como alternativa, a abordagem *bottom-up* (p. ex., IE e *Player Efficiency Rating*) foca na análise do jogador usando IJs específicos para esse fim. Uma preocupação relacionada a essas métricas é que variáveis que não fazem parte do *box score*, como *deflections* ou arremessos contestados, não podem ser consideradas. Por exemplo, em uma situação em que um jogador A está com marcação dobrada e faz um bom passe para um jogador aberto e o jogador B assiste o jogador C ainda mais aberto. O jogador A que fez o passe mais importante não aparece no *box score*. As métricas *bottom-up*

têm a limitação mencionada acima, mas são amplamente usadas devido a sua precisão de observar a ação final que ocorreu (Shea and Baker, 2013).

Além disso, algumas métricas combinam abordagens *bottom-up* e *top-down* (p. exemplo. *Wins Produced* e *Approximate Value*). O uso de ambas as abordagens pode representar melhor a dinâmica do jogo. No entanto, o equilíbrio e o peso de cada abordagem ao fornecer um valor único apresenta um obstáculo que geralmente não é considerado.

Nos próximos parágrafos, apresentaremos as métricas: *Player Efficiency Rating*, *Four Factors*, *Adjusted Plus-Minus*, *Wins Produced* e *Approximate Value*. Elas foram escolhidas por representar o atual estado da arte para abordagens *bottom-up* e/ou *top-down*.

### *Player Efficiency Rating*

*Player Efficiency Rating* (PER) é uma tentativa de usar todos os dados de *box score* em um único valor. Consequentemente, o PER tem um problema usual para a maioria das métricas *bottom-up*, a falta de dados defensivos. Ele é limitado, principalmente, para jogadores mais defensivos que não pegam muitos rebotes ou roubam a bola. Portanto, o PER não considera o impacto defensivo geral dos jogadores como algumas abordagens *top-down* (Hollinger, 2007).

O objetivo do PER é atribuir um valor em pontos para cada IJ de acordo com sua contribuição de pontuação para o jogo. Arremesso de três pontos convertido, assistência, arremesso convertido, lance livre convertido, erro, arremesso errado, rebote ofensivo, rebote defensivo, toco e falta são os IJs considerados. Cada IJ é apresentado nos próximos parágrafos com uma explicação do fator adotado em cada um.

Para três pontos convertidos, seu valor é simplesmente adicionado à fórmula. Um arremesso de três pontos convertido é igual a um ponto na fórmula do PER. A fórmula é:

$$3PM_{PER} = 3PM \quad (12)$$

Existem três fatores que afetam o arremesso: espaçamento, passe e arremesso (Hollinger and Hollinger, 2005). O espaçamento não é um IJ disponível no *box score*, mas refere-se à criação de arremessos abertos devido aos esforços de posicionamento. Para o PER, cada um desses três aspectos tem o mesmo peso no resultado do arremesso. Portanto, o valor da assistência corresponde a  $\frac{1}{3}$  do arremesso e como uma cesta é considerada com 2 pontos, o valor da assistência é  $\frac{2}{3}$ . A fórmula é:

$$Ast_{PER} = \frac{2}{3} * Ast \quad (13)$$

Como o arremesso tem três aspectos e um deles (passe) independe do arremessador, esse valor deve ser subtraído do valor do arremessador. É por isso que o valor da assistência é subtraído do arremesso. Além disso, apesar da NBA não levar em conta as assistências para lance livre, elas são consideradas aqui ao estimar a relação entre o arremesso convertido e o lance livre convertido na liga. Essa relação permite a exclusão dessa proporção de lances livres na fórmula para o arremesso convertido. A fórmula é:

$$FGM_{PER} = FGM * (2 - (\frac{Ast_t}{FGM_t} * (0.667 - (\frac{0.5 * \frac{Ast_{lg}}{FGM_{lg}}}{2 * \frac{FTM_{lg}}{FTM_t}})))) \quad (14)$$

Onde:  $l_g$  - liga.

Os lances livres convertidos seguem a lógica do arremesso, é necessário retirar o valor da assistência. A fórmula é:

$$FTM_{PER} = FTM * 0.5 * (2 - (\frac{Ast_{tm}}{3 * FGM_{tm}})) \quad (15)$$

Um erro é uma perda de posse. O valor do erro é o valor da posse (VOP)<sup>2</sup>. A fórmula é:

$$Poss_{PER} = FGA_{lg} - OReb_{lg} + Tov_{lg} + (0.44 * FTA_{lg}) \quad (16)$$

$$VOP_{PER} = \frac{Pts_{lg}}{Poss_{PER}} \quad (17)$$

Onde: VOP - valor da posse.

$$Tov_{PER} = Tov * VOP_{PER} \quad (18)$$

Um arremesso perdido pode implicar em um rebote da defesa ou do ataque. Um arremesso errado é considerado positivo quando há um rebote ofensivo e uma continuação da posse de bola. Os arremessos errados são considerados negativos quando há um rebote defensivo. A fórmula é:

$$FGms_{PER} = FGms * VOP_{PER} * DReb\%_{lg} \quad (19)$$

Os lances livres perdidos são equivalentes aos arremessos perdidos. A diferença é o uso da correção de 0,44 proposta por Kubatko et al. (2007) em relação à quantidade de lances livres que levam à posse. A fórmula é:

$$FTms_{PER} = FTms * VOP_{PER} * 0.44 * (0.44 + (0.56 * DReb\%_{lg})) \quad (20)$$

---

<sup>2</sup>O PER segue a mesma lógica apresentada por Kubatko et al. (2007), portanto, a posse é calculada subtraindo rebotes ofensivos.



Os rebotes defensivos encerram uma posse do oponente. Além disso, eles estão relacionados com a ocorrência de um arremesso errado. A fórmula é:

$$DReb_{PER} = DReb * VOP_{PER} * (1 - DReb\%_{lg}) \quad (21)$$

A concepção de rebotes ofensivos é a mesma dos rebotes defensivos. Ele gera uma nova oportunidade de pontuação e está relacionado com a ocorrência de um arremesso errado. A fórmula é:

$$OReb_{PER} = OReb * VOP_{PER} * DReb\%_{lg} \quad (22)$$

Os roubos de bola são comparáveis aos erros, eles acabam com a posse da equipe adversária. A fórmula é:

$$Stl_{PER} = Stl * VOP_{PER} \quad (23)$$

Os tocos são comparáveis aos arremessos perdidos, incluindo a lógica referente ao rebote depois. O toco só afeta a defesa se a equipe capturar o rebote defensivo. A fórmula é:

$$Blk_{PER} = Blk * VOP_{PER} * DReb\%_{lg} \quad (24)$$

Faltas estão relacionadas a lances livres, elas afetam a pontuação apenas se levarem a um lance livre. Então, primeiro, há a necessidade de relacionar faltas com lances livres e depois lances livres com pontos. A fórmula é:

$$PF_{PER} = PF * \left( \frac{FTM_{lg}}{PF_{lg}} - (0.44 * VOP_{PER} * \frac{FTA_{lg}}{PF_{lg}}) \right) \quad (25)$$

A primeira parte da fórmula do PER consiste em adicionar as ações positivas e subtrair as ações negativas após a transformação em pontos. Esse valor sofre três outras correções posteriormente. A primeira correção é dividir todas as ações pelos minutos jogadas para que sejam transformadas em um valor por minuto. A segunda parte está relacionada ao ritmo da equipe. Uma equipe que joga em um ritmo mais acelerado teria seus jogadores com mais oportunidades de ter IJs. Para evitar esse viés, todos os jogadores têm seu PER multiplicado pela razão entre o ritmo da equipe e o ritmo médio da liga. O último ajuste é que um valor médio para o PER foi arbitrariamente definido como 15. Para padronizar o PER para diferentes temporadas, o valor é multiplicado por  $\frac{15}{PER_{lg}}$ . Onde  $PER_{lg}$  é o valor do PER médio da liga, ponderado pelos

minutos que cada jogador jogou. A fórmula final para o PER é:

$$\begin{aligned}
PER = & (3FGM_{PER} + Ast_{PER} + FGM_{PER} + FTM_{PER} - Tou_{PER} + Stl_{PER} \\
& - FGms_{PER} - FTms_{PER} + DReb_{PER} + OReb_{PER} + Blk_{PER} \\
& - PF_{PER}) * \frac{1}{Min} * \frac{Poss_{PERlg}}{Poss_{PERtm}} * \frac{15}{PER_{lg}}
\end{aligned} \tag{26}$$

O PER é a primeira métrica construída com base no peso das ações e na tentativa de relacioná-las com pontos. Apesar de ser uma fórmula empírica e considerada de difícil compreensão, pode ser considerado um antecessor de todas as MACs, pois contribuiu para estabelecer ainda mais as métricas avançadas (Fein, 2009).

Notavelmente, o uso da correção de assistência para lances livres e o uso da porcentagem de rebote defensivo levantam algumas questões sobre a definição das relações de IJs e pontos. Além disso, continua com a lógica de arremesso da IE, já que o arremesso convertido e o arremesso errado possuem duas influências diferentes no valor final, levando a uma alta probabilidade de que quanto mais o jogador arremessar, melhor. Além do mais, o arremesso de três pontos é considerado um acréscimo sem o peso dos arremessos assistidos (por exemplo, um arremesso de três pontos vale  $1 + 1 * \text{peso ast}$ , enquanto um arremesso de dois pontos vale  $1 * \text{peso ast}$ ). O uso da correção nos lances livres, apesar da não consideração da NBA de assistências nos lances livres e outras escolhas aparentemente arbitrárias, geram perguntas sobre sua formulação.

#### *Four factors*

Os *four factors* não são exatamente uma métrica, mas uma análise baseada em quatro métricas. Eles foram propostos por Oliver (2004) e estabeleceram quatro aspectos principais do jogo que seriam determinantes para a vitória. Esses aspectos são: aproveitamento de arremesso, não perder a bola, rebote e conversão de arremessos no lance livre. O Four Factors é uma das primeiras análises avançadas propostas para o basquetebol e ainda é usada atualmente (Sampaio et al., 2010; Squared2020, 2017; Oxford, 2017; Kotzias, 2018). Os four factors consistem, principalmente, em métricas mencionadas anteriormente nas MAUs. Elas são: eFG%, Tov%, OReb% e taxa de lance livre.

A primeira métrica é eFG%. Ela oferece mais valor ao arremesso de 3 pontos e não usa os lances livres, já que isso já é considerado na taxa de lance livre. Sugere-se que a eficiência de arremesso (eFG%) seja responsável por 40% de uma vitória (Oliver, 2004).

A segunda métrica é Tov%. É fundamental para as equipes, uma vez que uma equipe não terá oportunidade de marcar se cometer um erro antes. Como o erro nega qualquer oportunidade de tentar converter um arremesso, sua importância na vitória é indicada

como 25% (Oliver, 2004).

A terceira métrica é OReb%. Os rebotes ofensivos resultam em uma nova oportunidade de marcar. Sendo assim, é fundamental, pois, as oportunidades de arremesso no jogo são limitadas pelo tempo de jogo e pelo tempo de posse. O valor de OReb% para a vitória é de 20% (Oliver, 2004).

A fórmula da taxa de lance livre é:

$$Taxadelancelivre = \frac{FTM}{FGA} \quad (27)$$

Uma observação importante sobre a taxa de lance livre é o uso de lance livre convertido e arremesso tentado ao invés de tentativas ou conversões para os dois. Conforme citado por Kubatko et al. (2007), o uso de ambas elimina a necessidade de usar uma razão para arremessos feitos e outra razão para tentativas, o que resultaria em cinco fatores. A taxa de lance livre fornece não apenas quantas vezes a equipe realizou um lance livre em comparação a tentativa de um arremesso, mas também o sucesso na conversão das tentativas de lances livres. Uma equipe que tem vários lances livres, mas não os converte, não tem vantagem no jogo, pois os lances livres são importantes devido à maior eficiência do lance livre em comparação aos arremessos de quadra. É por isso que a taxa de lance livre é responsável por 15% das vitórias (Oliver, 2004).

Os *four factors* estabelecem a noção de importância na produção de arremessos com alta qualidade, pois o eFG% é o maior contribuinte para as vitórias. Além disso, enfatizam a importância de criar posses e criar oportunidades de arremesso, o que se relaciona aos recursos fundamentais de todas as métricas avançadas em esportes - criação e conversão de oportunidades.

#### *Ajusted plus-minus*

Há uma variedade de métricas que podem ser consideradas como métricas de *adjusted plus-minus* (APM) (Clemens, 2014). Os APM podem ser considerados como métricas cujo objetivo é converter o mais-menos em uma métrica mais relacionada ao jogador (Clemens, 2014). Elas são as métricas *top-down* mais comuns, pois seu objetivo é a partir de uma métrica geral como o mais-menos, analisar o desempenho de um jogador e o impacto causado à equipe por esse jogador. O APM apresentado neste estudo é o proposto por Rosenbaum (2004), chamado *Overall Plus-Minus* (OPM). Ele é diferente dos outros, pois também usa uma abordagem *bottom-up*, utilizando os IJs do jogador. O OPM consiste em dois fatores: a diferença de pontuação com e sem o jogador e o uso de IJs de acordo com os coeficientes relacionados aos pontos.

O primeiro passo no cálculo do OPM é executar uma regressão para entender a influência do uso de jogadores de referência, em vez do jogador analisado, sobre a

diferença de pontos por posse de bola entre o time da casa e o time visitante. Essa etapa permite entender o diferencial de pontos (mais-menos) entre a escalação usada e a escalação se, com os mesmos companheiros de equipe, o jogador fosse substituído por um jogador médio. Os jogadores de referência são todos os jogadores que jogaram menos de 250 minutos em duas temporadas combinadas. A fórmula é:

$$MARGIN = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \dots + \beta_KX_K + e \quad (28)$$

Onde:

MARGIN = 100 \* (pontos por posse do time da casa - pontos por posse do time visitante);

X<sub>1</sub> = 1 se o jogador 1 está jogando em casa, = -1 se o jogador 1 está jogando fora de casa, = 0 se jogador 1 não está jogando;

X<sub>K</sub> = 1 se o jogador K está jogando em casa, = -1 se o jogador K está jogando fora de casa, = 0 se jogador K não está jogando;

e = *i.i.d. error term*;

β<sub>0</sub> mede a vantagem do time da casa entre todos os times;

β<sub>1</sub> mede a diferença entre o jogador 1 e os jogadores de referência, mantendo os outros jogadores constantes;

β<sub>K</sub> mede a diferença entre o jogador K e os jogadores de referência, mantendo os outros jogadores.

O resultado desse primeiro passo é que, mantendo os outros jogadores constantes e substituindo o jogador analisado por um jogador de referência, o impacto do jogador analisado na equipe pode ser calculado. A diferença entre o desempenho da equipe com e sem o jogador analisado é chamada de *Pure Adjusted Plus-Minus* (PAPM) e é a primeira parte do OPM.

O segundo passo é usar os IJs para reduzir ainda mais o ruído dos colegas de equipe. Os IJs são usados de acordo com seu valor em pontos (capacidade de gerar pontos). Para calcular esse valor, a regressão apresentada abaixo foi realizada utilizando valores do PAPM previamente calculado.

$$Y = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \dots + \beta_{13}X_{14} + \epsilon \quad (29)$$

Onde:

Y é o PAPM (os βs da primeira regressão);

X<sub>1</sub> a X<sub>14</sub> são IJs.

Os 14 IJs utilizados e o coeficiente gerado pela regressão são apresentados na Tabela ???. Os coeficientes são o valor em pontos de cada IJ. Esta etapa permite o cálculo da segunda parte do OPM, o *Statistical Plus-Minus* (SPM), a quantidade de pontos gerados para cada jogador de acordo com o valor derivado do PAPM.

Tabela 1: Coeficiente dos indicadores de jogo para o *Statistical Plus-Minus*

Indicadores de jogo	Coeficiente
Pontos	0.757
eFGA	-1.879
$eFGA^2$	0.026
3PA	0.323
FTA	0.366
Ast	-0.293
OReb	0.054
DReb	-0.615
Tov	-2.171
Stl	2.166
Blk	1.564
PF	0.392
$(Pts * Ast * REB)^{\frac{1}{3}}$	2.262
Min	0.108

Onde: eFGA - tentativas de Effective Field Goal.

Por fim, o OPM é calculado utilizando as duas métricas apresentadas anteriormente, PAPM e SPM. A fórmula é:

$$OPM = (\alpha * PAPM) + ((1-\alpha) * SPM) \quad (30)$$

Onde:  $\alpha$  é a parcela da classificação geral devido à classificação pura (ela é escolhida para minimizar o erro padrão da classificação geral com a restrição de que esteja entre 10% e 90%. Essa etapa permite que a classificação pura conte menos quando sofrer maior ruído.)

O OPM é uma entre algumas abordagens para calcular o APM. Existem outros como o *Real Plus-Minus*, criado pela ESPN, que não possui fórmula disponível para seu cálculo. O estabelecimento de uma métrica unânime de APM enfrenta a dificuldade de reduzir a influência dos outros jogadores no desempenho do jogador analisado. O OPM apresenta uma abordagem interessante misturando algumas idéias de métricas *top-down* e de *bottom-up*, além de criar relações interessantes entre IJs e APM.

#### *Wins Produced*

*Wins Produced* (WP) é uma métrica proposta por Berri et al. (2006). O WP é construído sobre a ideia de que uma métrica deve estar relacionada a vitórias e que

um jogador deve ter uma certa consistência na métrica de ano para ano. Portanto, há uma diminuição na influência de uma mudança de equipe ou colegas no valor do jogador (Berri, 2010).

A fórmula apresentada é baseada na fórmula mais recente do WP proposta por Berri (2011b). O WP usa uma abordagem matemática para criar uma relação entre as ações observadas no *box score* e a vitória. Os IJs considerados pelo WP são: 3PM; 2PM; FTM; FGms; FTms; OReb; DReb; Tov; Stl; FTM<sub>opp</sub> e Blk. Para cada um deles, um valor é atribuído com base na relação com a vitória (para obter uma explicação completa para cada número, veja Berri (2008)). Em geral, um ponto tem um valor de 0,033 vitória, um ponto sofrido tem valor de -0,032, uma posse gasta tem valor de -0,034 e uma posse adquirida tem valor de 0,033. A quantidade ações é multiplicada pelo respectivo valor de vitória, conforme visto na fórmula de Produção (PROD):

$$\begin{aligned} PROD = & 3PM * 0.064 + 2PM * 0.032 + FTM * 0.017 + FGms * -0.034 \\ & + FTms * -0.015 + OReb * 0.034 + DReb * 0.034 + Tov * -0.034 \quad (31) \\ & + Stl * 0.033 + FTM_{opp} * -0.017 + Blk * 0.020 \end{aligned}$$

Onde: 2PM - arremesso de dois pontos convertido; FTM<sub>opp</sub> é calculado multiplicando a quantidade de lances livres convertidos pelo oponente pela proporção entre as faltas do jogador e as faltas da equipe.

O PROD é transformado em Produção por 48 minutos (P48) para ajustar os minutos pela fórmula:

$$P48 = \frac{PROD * 48}{Min} \quad (32)$$

O P48 segue quatro ajustes antes de ser transformado em vitórias. O primeiro ajuste é referente a produção de rebote defensivo do companheiro de equipe. O ajuste é baseado nos companheiros de equipe retirarem os rebotes defensivos uns dos outros (Berri, 2011b). O ajuste é feito calculando o rebote defensivo por minuto dos companheiros de equipe (TDRebPM), que é somado a todos os jogadores de um time e relacionado ao rebote do jogador da seguinte forma:

$$TDRebPM = -0.504 * 0.034 * Min * \frac{DRebt - DReb}{Min_t - Min} \quad (33)$$

$$TDRebPM_t = TDRebPM_{p1} + TDRebPM_{p2} + \dots + TDRebPM_{px} \quad (34)$$

Onde:  $p_1$  a  $p_x$  - jogadores do mesmo time.

$$drebadj = TDRebPM - (TDRebPM_t * \frac{DReb}{DReb_t}) \quad (35)$$

$$P48_{drebadj} = P48 + \frac{48 * drebadj}{Min} \quad (36)$$

O segundo ajuste está relacionado a assistências. As assistências não estão na fórmula inicial do PROD, mas devido ao seu impacto na eficiência ofensiva, elas são consideradas com esse ajuste. Espera-se que as assistências melhorem a capacidade de arremesso do companheiro de equipe; portanto, o valor da assistência é calculado com base no impacto da assistência do jogador no arremesso do companheiro de equipe. As assistências por minuto do companheiro de equipe (TAPM) são calculadas e de acordo com o valor de um ponto e de uma assistência são transformadas em PROD da seguinte maneira:

$$TAPM = 0.725 * 2 * FGA * 0.0325286 * \frac{Ast_t - Ast}{Min_t - Min} \quad (37)$$

$$TAPM_t = TAPM_{p1} + TAPM_{p2} + \dots + TAPM_{px} \quad (38)$$

$$astadj = TAPM_t * \frac{Ast}{Ast_t} \quad (39)$$

$$P48_{astadj} = P48_{drebadj} + \frac{48 * astadj}{Min} \quad (40)$$

O terceiro ajuste é a defesa da equipe, seguindo uma abordagem *top-down*. A defesa não é considerada individualmente, mas apenas como uma equipe; portanto, os jogadores em boas equipes defensivas melhoram mais seu valor, enquanto nas equipes defensivas ruins melhoram menos ou até deterioram seu valor. Independentemente do papel do jogador na equipe, todos os jogadores recebem o mesmo valor seguindo a fórmula do Ajuste de Defesa de Equipe (TDA). A fórmula é:

$$TDA = ((3PM_{opp} * -0.064) + (2PM_{opp} * -0.031) + (Tov_{opp} * 0.033) + (TTov * -0.034) + (TREB * 0.033) - (Blk_t * 0.020)) * \frac{48}{Min} \quad (41)$$

Onde: TTov - erro da equipe (erro não notado para um único jogador, por exemplo, violação de 24 segundos); TReb - rebote da equipe (rebote não notado para um único jogador, por exemplo, a bola sai de quadra após o arremesso).

O TDA é subtraído do TDA médio da liga antes de ser somado aos  $P48_{astadj}$ .

$$Adj.P48 = TDA - TDA_{lg} + P48_{astadj} \quad (42)$$

Por fim, o Adj. P48 é ajustado por posição. A explicação para isso é que cada posição

tem um papel diferente e diferentes ações são realizadas. O resultado da comparação é:

$$RelativeAdj.P48 = Adj.P48 - Adj.P48_{lgporposicao}. \quad (43)$$

Depois de obter o Ajuste Relativo. P48, o WP48 pode ser calculado. A equipe média da liga tem média de 0,5 vitória por jogo. Há 5 jogadores na quadra, então cada um é responsável por 0,1 vitória por 48 minutos na NBA. Devido às prorrogações, o valor foi ajustado para 0,099, levando a:

$$WP48 = RelativeAdj.P48 + 0.099 \quad (44)$$

O WP é calculado multiplicando o WP48 do jogador pela quantidade de minutos jogados e dividindo-o por 48.

$$WP = \frac{WP48}{48} * Min \quad (45)$$

O WP apresenta uma aproximação ao uso das abordagens *bottom-up* e *top-down*. Considerando que as métricas devem ter um procedimento de cálculo simples/lógico para ter um melhor entendimento de seu valor final, o WP carece de alguma clareza em alguns aspectos. Por exemplo, é compreensível que as posições tenham valores diferentes devido a maioria dos rebotes estarem com uma posição e a maioria das assistências estarem com outra. Apesar disso, o uso de um ajuste antes de se transformar em vitórias gera dúvidas quanto ao verdadeiro valor de cada posição. Seria melhor efetuar a comparação entre as posições depois da métrica final. Além disso, a abordagem de assistência gera perguntas sobre o motivo de não ter sido usada diretamente na fórmula do PROD.

#### *Approximate Value*

*Approximate Value* (AV) é uma métrica que analisa os aspectos defensivos e ofensivos do jogo (Shea and Baker, 2013). AV pode ser definido como a soma de duas métricas, *Efficient Offensive Production* (EOP) e *Defensive Points Saved* (DPS). O AV utiliza abordagens *bottom-up* (EOP) e *top-down* (DPS) para gerar uma métrica mais completa do que aquelas que usam uma única abordagem. Devido à falta de dados defensivos em uma abordagem *bottom-up*, a avaliação defensiva (DPS) é calculada com uma abordagem *top-down* (Shea and Baker, 2013).

O cálculo da EOP é separado em duas etapas anteriores: cálculo de *Offensive Efficiency* (OE) e cálculo de *Efficient Points Scored* (EPS). O primeiro passo, OE, é uma métrica de eficiência. É calculada dividindo as ações de pontuação do jogador pelo



total de oportunidades de pontuação disponíveis. A OE é considerada uma métrica simples, pois seu objetivo é calcular a eficiência em relação às oportunidades que o jogador teve. Ela penaliza os jogadores que têm uma grande quantidade de arremessos sem uma boa eficiência de arremesso (Shea and Baker, 2013). A fórmula é:

$$OE = \frac{(FGM + Ast)}{(FGA - OReb + Ast + Tov)} \quad (46)$$

A segunda etapa, EPS, usa a OE, transformando-a de uma métrica de eficiência em uma métrica relacionada a pontos. O EPS transforma a quantidade de pontos que o jogador marcou em relação a sua eficiência. O EPS não possui o valor de assistências, considerando apenas pontos. A fórmula é:

$$EPS = Pts * OE * Ajustedaliga \quad (47)$$

O EOP consiste no EPS adicionado de assistências, que possuem um valor específico Shea and Baker (2013). O raciocínio é que 38% das assistências são para pontos marcados no garrafão, que foi considerado um passe mais difícil. Esse valor multiplicado por dois, o valor do ponto marcado no garrafão, leva a um peso de 0,76 aplicado à quantidade de assistências que um jogador teve. Portanto, o EOP considera pontos para pontos e assistências. A fórmula é:

$$EOP = (Pts + (Ast * 0.76)) * OE * Ajustedaliga \quad (48)$$

O DPS é baseado em três ações que um jogador pode executar para impactar a defesa: i) causar erros, o que impede o oponente de arremessar; ii) reduzir o aproveitamento de arremessos do oponente, contestando arremessos ou forçando arremessos ruins; iii) capturar rebotes, impedindo que a outra equipe ganhe a posse. Três variáveis avaliam essas ações: i) Tov% do oponente; ii) eFG% do oponente; iii) OReb% do oponente.

Um valor é atribuído a cada uma dessas variáveis de acordo com a quantidade média de ações em um jogo da NBA. Esse valor permite transformar as métricas de eficiência (Tov%, eFG% e OReb%) em um número cardinal, transformando o número de ações do jogador em número de ações para um jogador médio.

Em relação aos erros, o jogo médio da NBA possui 106 posses, o que significa que para cada variação de 1% em Tov%, a favor da defesa, o adversário tem 1,06 menos posses possíveis. Então Tov% é multiplicado por 1,06.

Quanto ao arremesso, o jogo médio da NBA tem 82 FGA. Para que a defesa seja eficiente, além de o oponente ter falhado, a defesa deve capturar um rebote defensivo, que ocorre, em média, 73,5% das vezes. Então, a correção de eFG% é de  $0,82 * 0,735$ , o que significa que para cada diferença de 1% em eFG%, o jogador interrompe 0,6 posse.

Por fim, em relação aos rebotes, há 42 rebotes em um jogo médio da NBA, levando a  $OReb\% * 0,42$ . Para cada variação de 1% em  $OReb\%$ , há 0,42 posse interrompida.

Utilizando esses três valores, é possível calcular a quantidade de *Defensive Stops Gained* (DSG) em cada jogo. A fórmula para DSG/jogo é:

$$DSG/jogo = (1.06 * Tov\%_{opp}) - (0.82 * 0.735 * eFG\%_{opp}) - (0.42 * OReb\%_{opp}) \quad (49)$$

O DSG/jogo considera as paradas defensivas em todo o jogo, para o caso hipotético de que o jogador esteja na quadra o jogo inteiro. Esse valor pode ser transformado no DSG que o jogador alcançou durante o tempo de jogo. A relação entre minutos jogados e minutos totais de jogo fornece o fator multiplicador para transformar DSG/jogo em DSG. A fórmula é:

$$DSG = \frac{DSG/jogo * Min}{Min_g} \quad (50)$$

Onde:  $g$  - jogo.

O DSG é então relacionado aos pontos salvos, pois cada parada é considerada igual a dois pontos salvos. Assim, a fórmula do DPS é:

$$DPS = DSG * 2 \quad (51)$$

Portanto, a fórmula para AV é a soma de DSG e EOP da seguinte maneira:

$$AV = DPS + EOP \quad (52)$$

O DPS é usado na tentativa de relacionar a posse interrompida calculada pelo DSG com pontos. Apesar disso, o uso da AV apresenta algumas complicações em relação à soma da EOP e DPS. São métricas com pesos e valores diferentes, pois o EOP calcula os pontos gerados vezes a eficiência e o DPS calcula os pontos defensivos salvos com um peso de dois pontos para todas as posses. Uma alternativa ao valor de dois pontos para cada posse seria o valor de pontos por posse médio do campeonato, resultando em um valor mais fidedigno ao jogo. Além disso, por ser uma métrica simples com abordagem *top-down*, o DPS não representa necessariamente o jogador defendido, pois esse nível de precisão não é alcançado com dados discretos.

As métricas apresentadas acima nesta subseção são algumas das MACs mais usadas no basquetebol, acadêmica ou profissionalmente, e foram amplamente exploradas (Berri, 2010; Casals and Martinez, 2013; Sampaio et al., 2010; Shea and Baker, 2013). Frequentemente, seu uso levou a novas métricas. Conforme observado e proposto por Shea and Baker (2013), a falta de dados defensivos no *box score* deve levar a uma abordagem *top-down* nas MACs para defesa. É uma solução promissora para melho-

rar métricas que não possuem dados defensivos, como o PER, cuja fraqueza no cálculo da defesa é notada pelo autor (Hollinger, 2007). Apesar das limitações intrínsecas das métricas *top-down*, elas podem ser a melhor alternativa para calcular o impacto defensivo do jogador devido ao lado coletivo da defesa. Em geral, as MACs devem seguir a lógica de uma abordagem *bottom-up* para ataque, uma abordagem *top-down* para defesa e, finalmente, serem consistentes com o objetivo da fórmula. Por exemplo, se o objetivo é calcular a eficiência do jogador, ele deve ser percebido na fórmula. (Berri, 2010; Shea and Baker, 2013)

Esta seção teve como objetivo apresentar as principais características dos dois ramos da análise de desempenho nos esportes coletivos: análise dinâmica e discreta, com ênfase particular no basquetebol. De fato, a análise dinâmica tem o potencial de apresentar maior validade externa, considerando a natureza do fenômeno investigado - o jogo de basquetebol. No entanto, por diferentes razões, por exemplo, disponibilidade de tecnologia ou de equipe em diferentes competições, os dados discretos são o tipo de recurso comumente disponível para realizar a análise. Especialmente, quando focados nas principais tendências de um determinado grupo (por exemplo, jogadores de um torneio nacional específico (Rangel et al., 2019)), dados discretos originados no *box score* são os conjuntos de dados dos jogos geralmente disponíveis.

Para melhorar a qualidade das informações e investigar melhor o desempenho, existe outro conjunto de dados comumente disponível, a jogada a jogada (jaj). A jaj consiste em uma sequência de ações do jogo com informação de tempo. Essas ações estão relacionadas aos IJs contidos na *box score*, portanto, fornecendo informações temporais ao longo dos IJs. Essa informação temporal permite a avaliação de alguns dados dinâmicos do jogo. Embora a semântica do jogo relacionada aos eventos táticos individuais e coletivos não possa ser avaliada, vários metadados relacionados aos momentos em que os eventos ocorreram podem ser avaliados. Os dados jaj são utilizados principalmente para o desenvolvimento de cadeias de Markov em estudos que visam a predição de ganhadores, podendo ser relacionado à apostas esportivas (Bhat et al., 2015; Shirley, 2007; Štrumbelj and Vračar, 2012).

A abordagem da jaj pode permitir avanços em dois aspectos da análise de desempenho em jogos de basquetebol. Primeiro, pode contribuir para aumentar a validade de um índice de eficiência discriminando os eventos, levando em consideração o contexto em que ocorreu (por exemplo, uma assistência para uma bandeja ou rebote após o arremesso do jogador). Depois que as ações são discriminadas, elas podem receber pesos distintos para caracterizar sua importância em um índice final de eficiência de um jogador. Segundo, esclarecer a diferença na eficiência do jogador e da equipe em diferentes momentos do jogo.

### 3. Objetivos

#### 3.1. *Objetivo geral*

O objetivo principal do presente estudo foi quantificar a eficiência de jogadores de basquetebol em um jogo, considerando circunstâncias temporais e táticas específicas.

#### 3.2. *Objetivos específicos*

- a) propor um método alternativo para o cálculo da eficiência do jogador com um incremento na validade do construto;
- b) definir momentos relevantes do jogo para análise (p. ex. regular, momento crítico, etc.) para avaliar a eficiência de um jogador seguindo critérios temporais;
- c) aumentar a resolução da análise dos IJs, adicionando recursos semânticos aos IJs (por exemplo, assistência para arremessos de dois ou três pontos; rebote após lance livre);
- d) aplicar os passos 'b' e 'c' à análise da eficiência do jogador;

### 4. Hipótese do estudo

A hipótese do estudo é que um modelo baseado na *jaj* de eficiência dos jogadores possa ser mais preciso para discriminar o desempenho dos jogadores quando comparado aos dados tradicionais de *box score*. O incremento na resolução da *box score* com dados *jaj* pode evidenciar casos de super e sub-avaliação em termos da contribuição de um jogador para o desempenho da equipe.

### 5. Métodos

#### 5.1. *Desenho Experimental*

Primeiro, procuramos resolver os problemas presentes nas MACs atuais e criar um índice com base na eficiência do jogador e na quantidade de pontos gerados pelo jogador. Em seguida, definimos o novo conjunto de IJs que representam os momentos do jogo e os recursos dinâmicos e semânticos do jogo. Esses três conjuntos de dados (índice de eficiência do jogador, momentos do jogo e ações do jogo) tiveram seus dados analisados com duas abordagens distintas: i) correlação entre MACs e IJs; ii) comparação da eficiência média nos diferentes momentos e ações do jogo. Para uma melhor compreensão da relação entre objetivos e desenho experimental, consulte a Figura 4.

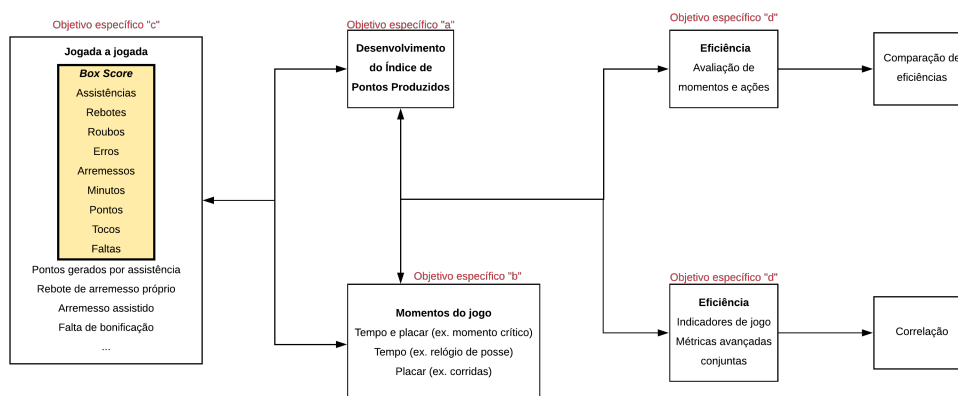


Figura 4: Etapas do desenho experimental

Não existe uma maneira única nem simples de afirmar que um jogador é melhor que outro. Portanto, a métrica proposta neste estudo foi analisada utilizando uma validade concorrente. Calculamos a correlação entre as métricas previamente estabelecidas e os IJs disponíveis, apesar de suas próprias limitações, pois são o padrão da análise de jogos.

O efeito dos dados de jaj na eficiência foi apresentado por meio de MAUs e MACs, de acordo com os novos recursos semânticos disponibilizados usando dados de jaj. Esses recursos não estão disponíveis no *box score* e, conseqüentemente, não podem ser comparados. Assim, a eficiência dos momentos e ações propostas foram comparadas entre si. Para entender se há diferenças de desempenho em cada um deles.

## 5.2. Índice de pontos produzidos

O Índice de pontos produzidos (IPP) é uma métrica proposta para resolver três questões do IE. As três questões são: efeito do tempo de jogo, influência do ritmo/qualidade da equipe e peso dos IJs. O IE não é normalizado por tempo ou posse. Portanto, um jogador com mais tempo de jogo tem uma chance maior de aumentar o IE. Além disso, cada equipe tem um ritmo específico que pode aumentar a quantidade de ações do jogador em um time mais rápido. Além disso, equipes com maior qualidade podem ter mais assistências e menos rebotes ofensivos devido a uma maior taxa de conversão de arremessos. Por fim, o IE considera os pontos marcados, um valor que pode aumentar um, dois ou três de cada vez, acrescentando-o ou subtraindo-o com IJs que mudam um de cada vez, incluindo a cesta perdida, um IJ diretamente relacionado aos pontos.

O IPP pretende estimar a contribuição em pontos do jogador para o jogo de acordo com a eficiência do IJ. Para esse fim, aplicamos quatro etapas para resolver os três

problemas mencionados acima. Em primeiro lugar, a eficiência para cada IJ é calculada. Em segundo lugar, essa eficiência é transformada novamente em um número cardinal, utilizando o jogo médio da liga. Em terceiro lugar, o valor em pontos médio de cada IJ é calculado. Por fim, o IJ estimado no jogo médio da liga é transformado em pontos produzidos.

O primeiro passo está relacionado às MAUs apresentadas anteriormente. Transformamos os IJs (OReb, DReb, Stl, Tov, Blk, Pts, PF e Ast) em variáveis de eficiência, uma proporção entre as ações executadas e as oportunidades para realizá-las. Para calcular a eficiência, as oportunidades devem ser estimadas considerando a quantidade de tempo de jogo que o jogador teve. A estimativa considera os IJs com uma distribuição constante ao longo do jogo, conforme apresentado nas MAUs. Após a estimativa de oportunidades para cada jogador, a eficiência do IJ é calculada. As fórmulas são:

**Pontos:**

$$Pts_{opt} = FGA + (0.44 * FTA) \quad (53)$$

Onde:  $opt$  - oportunidades.

$$Pts_{eff} = \frac{Pts}{Pts_{opt}} \quad (54)$$

Onde:  $eff$  - eficiência.

**Rebote ofensivo:**

$$OReb_{opt} = \frac{(OReb_t + DReb_{opp}) * Min}{Min_t} \quad (55)$$

$$OReb_{eff} = \frac{OReb}{OReb_{opt}} \quad (56)$$

**Assistência:**

$$Ast_{opt} = \frac{(FGM_t + (0.44 * FTM_t) - FGM - (0,44 * FTM)) * Min}{Min_t} \quad (57)$$

$$Ast_{eff} = \frac{Ast}{Ast_{opt}} \quad (58)$$

**Erro:**

$$Tov_{opt} = \frac{Poss_t * Min}{Min_t} \quad (59)$$

$$Tov_{eff} = \frac{Tov}{Tov_{opt}} \quad (60)$$

**Rebote defensivo:**

$$DReb_{opt} = \frac{(DReb_t + OReb_{opp}) * Min}{Min_t} \quad (61)$$

$$DReb_{eff} = \frac{DReb}{DReb_{opt}} \quad (62)$$

**Roubo:**

$$Stl_{opt} = \frac{Poss_{opp} * Min}{Min_t} \quad (63)$$

$$Stl_{eff} = \frac{Stl}{Stl_{opt}} \quad (64)$$

**Toco:**

$$Blk_{opt} = \frac{FGA_{opp} * Min}{Min_t} \quad (65)$$

$$Blk_{eff} = \frac{Blk}{Blk_{opt}} \quad (66)$$

**Falta:**

$$PF_{opt} = \frac{Poss_{opp} * Min}{Min_t} \quad (67)$$

$$PF_{eff} = \frac{PF}{PF_{opt}} \quad (68)$$

O segundo passo é reduzir a influência do ritmo e da qualidade da equipe. O jogo médio da liga é usado para estimar os IJs do jogador em um time médio hipotético. Isso permite comparações de jogadores, reduzindo a influência de companheiros de equipe. Para estimar a quantidade de IJs no jogo médio da liga, a quantidade média de oportunidades de um jogador no jogo médio da liga é multiplicada pela eficiência do jogador calculada na etapa anterior. A segunda etapa transforma uma proporção novamente em um número cardinal, da seguinte maneira:

$$Pts_{est} = Pts_{eff} * \frac{FGA_{avg} + (0.44 * FTA_{avg})}{5} \quad (69)$$

Onde: *est* - estimado; *avg* - jogo médio da liga.

$$OReb_{est} = OReb_{eff} * (OReb_{avg} + DReb_{avg}) \quad (70)$$

$$Ast_{est} = Ast_{eff} * \left(\frac{4}{5} * (FGM_{avg} + (0.44 * FTM_{avg}))\right) \quad (71)$$

$$Tov_{est} = Tov_{eff} * Poss_{avg} \quad (72)$$

$$DReb_{est} = DReb_{eff} * (DReb_{avg} + OReb_{avg}) \quad (73)$$

$$Stl_{est} = Stl_{eff} * Poss_{avg} \quad (74)$$

$$Blk_{est} = Blk_{eff} * FGA_{avg} \quad (75)$$

$$PF_{est} = PF_{eff} * Poss_{avg} \quad (76)$$

O terceiro passo é avaliar o valor em pontos de cada IJ de acordo com suas consequências para o jogo. As consequências serão apresentadas a seguir de acordo com seus grupos, seguidas de sua fórmula. Os rebotes ofensivos, erros, rebotes defensivos e roubos são seguidos por uma nova posse. Portanto, seus valores são iguais à quantidade média de pontos por posse.

$$OReb_{pv} = \frac{Pts}{Poss_{avg}} \quad (77)$$

Onde: *pv* - valor em pontos.

$$Tov_{pv} = \frac{Pts}{Poss_{avg}} \quad (78)$$

$$DReb_{pv} = \frac{Pts}{Poss_{avg}} \quad (79)$$

$$Stl_{pv} = \frac{Pts}{Poss_{avg}} \quad (80)$$

As assistências criam arremessos que são convertidos em pontos. Uma assistência só acontece quando há um arremesso feito, portanto, seu valor é derivado da quantidade



de pontos por arremesso realizado. Além disso, com uma idéia semelhante à proposta por Hollinger and Hollinger (2005), as assistências são multiplicadas por  $\frac{1}{3}$ .

$$Ast_{pv} = \frac{Pts_{avg}}{FGM_{avg} + (0.44 * FTM_{avg})} * \frac{1}{3} \quad (81)$$

Por outro lado, pontos têm seu valor diminuído, valendo  $\frac{2}{3}$  para a quantidade de arremessos assistidos em média e valendo 1 para a quantidade de arremessos não assistidos em média.

$$Pts_{pv} = \left( \frac{Ast_{avg}}{FGM_{avg} + (0.44 * FTM_{avg})} * \frac{2}{3} \right) + \left( 1 - \frac{Ast_{avg}}{FGM_{avg} + (0.44 * FTM_{avg})} \right) \quad (82)$$

Os tocos são seguidos por um rebote. De acordo com a probabilidade de ser um rebote ofensivo ou rebote defensivo, seu valor pode aumentar ou diminuir. Se houver um rebote defensivo, o valor do toco é igual à quantidade média de pontos evitados pelo toco. Se houver um rebote ofensivo, o valor do toco é a quantidade média de pontos evitados pelo toco menos a quantidade média de pontos por posse.

$$Blk_{pv} = \left( \frac{DReb_{avg}}{OREb_{avg} + DReb_{avg}} * \frac{(2PM_{avg} * 2) + (3PM_{avg} * 3)}{FGA_{avg} - Blk_{avg}} \right) + \left( \frac{OREb_{avg}}{OREb_{avg} + DReb_{avg}} * \left( \frac{(2PM_{avg} * 2) + (3PM_{avg} * 3)}{FGA_{avg} - Blk_{avg}} - \frac{Pts_{avg}}{Poss_{avg}} \right) \right) \quad (83)$$

Faltas podem gerar lances livres. Portanto, a relação entre tentativas de lances livres e faltas é usada para descobrir quantos lances livres um jogador geraria com suas faltas. Considerando a quantidade de lances livres gerados, o valor final está relacionado à porcentagem de lances livres convertidos.

$$PF_{pv} = \frac{FTM_{avg}}{FTA_{avg}} * \frac{FTA_{avg}}{PF_{avg}} \quad (84)$$

Finalmente, o quarto passo é o cálculo da quantidade de pontos produzidos pelo jogador para cada IJ. O valor em pontos (terceiro passo) é usado para multiplicar a quantidade estimada de IJs no jogo médio da liga (segundo passo). Isso leva à quantidade estimada de pontos produzidos pelo jogador em um jogo médio da liga. As fórmulas são:

$$Pts_{pp} = Pts_{est} * Pts_{pv} \quad (85)$$

Onde:  $_{pp}$  - pontos produzidos.

$$OREb_{pp} = OReb_{est} * OReb_{pv} \quad (86)$$

$$Ast_{pp} = Ast_{est} * Ast_{pv} \quad (87)$$

$$Tov_{pp} = Tov_{est} * Tov_{pv} \quad (88)$$

$$DReb_{pp} = DReb_{est} * DReb_{pv} \quad (89)$$

$$Stl_{pp} = Stl_{est} * Stl_{pv} \quad (90)$$

$$Blk_{pp} = Blk_{est} * Blk_{pv} \quad (91)$$

$$PF_{pp} = PF_{est} * PF_{pv} \quad (92)$$

O IPP pode então ser dividido em IPP ofensivo e IPP defensivo. O IPP ofensivo é a soma dos pontos produzidos por Pts, OReb e Ast menos Tov. O IPP defensivo é a soma dos pontos produzidos por DReb, Stl e Blk menos PF. A soma de IPP ofensivo e IPP defensivo gera o IPP. O IPP é limitado por alguns aspectos comuns a todas as MACs *bottom-up*, principalmente, a falta de dados defensivos e as estimativas realizadas em relação à posse/tempo.

As estimativas foram avaliadas usando a jaj com uma versão jaj do IPP. A diferença entre o IPP calculado com dados de *box score* e o com dados de jaj é que o  $IPP_{jaj}$  não precisa da correção das oportunidades no passo um, pois as oportunidades já são precisas de acordo com o momento em que o jogador estava na quadra. O uso de uma abordagem defensiva *top-down* não foi considerado devido à imprecisão para determinar o desempenho defensivo de um jogador, ao invés de toda a equipe. O uso do jogador adversário da mesma posição também foi descartado, pois eles não marcam necessariamente um ao outro durante o tempo todo na quadra. Assim, através do cálculo do IPP, pretendemos estimar a contribuição feita pelo jogador em um time médio, de acordo com o IJ no *box score*/jaj.

### ***5.3. Modelando a análise com dados de jogada a jogada***

A influência da jaj na análise do basquetebol pode ser dividida em dois grupos diferentes: i) momentos; ii) ações. O uso desses critérios aprimora a capacidade explicativa em relação às tendências de desempenho identificadas no jogo. A jaj permite a avaliação dos dados seguindo ambos critérios. Os detalhes de ambos os grupos são fornecidos na sequência.

### 5.3.1. Momentos do jogo

Os dados de *jaj* fornecem o registro de tempo dos eventos, que, juntamente com a pontuação do jogo, apoiam a discriminação dos momentos do jogo. Diferentes momentos do jogo têm variáveis situacionais distintas que influenciam o desempenho. Para executar, por exemplo, durante o período final de um jogo com placar apertado, é necessário um maior controle da ansiedade (Wilson, 2012). Portanto, a avaliação do desempenho de um jogador é mais precisa quando considera as circunstâncias do momento do jogo, pois indica a capacidade de um jogador executar nelas.

Três momentos distintos são geralmente considerados no basquetebol: crítico, desimportante e regular. O momento crítico corresponde ao período final de um jogo com placar apertado. Por convenção, o crítico ocorre a qualquer momento nos últimos cinco minutos do jogo, quando a diferença é de cinco pontos, no máximo (82 Games, 2004b). O momento desimportante é caracterizado por uma grande vantagem para uma equipe. Também por convenção, o momento desimportante ocorre quando uma equipe está 10 pontos à frente do adversário, mais um ponto por cada minuto restante (82 Games, 2004a). Ou seja, quando o jogo está entre 0:59 - 0:00, uma equipe deve ter 10 pontos de vantagem, quando o jogo está entre 1:59 - 1:00, uma equipe deve estar 11 pontos à frente da pontuação, etc. (82 Games, 2004a). O regular é composto pelos três primeiros quartos e pelo último quarto, quando não são aplicados requisitos dos momentos desimportante ou crítico. Outros momentos também podem ser considerados, por exemplo, supercrítico define partidas ainda mais próximas, a qualquer momento durante os dois minutos finais, quando a diferença é de não mais que três pontos (82 Games, 2004b).

A análise também pode considerar a duração distinta das posses. Normalmente, em um jogo, uma equipe muda do ataque para a transição defensiva (quando a posse de bola é perdida), depois para a defesa (quando o sistema defensivo é recomposto), para a transição ofensiva (quando a posse de bola é recuperada) e o ataque novamente (quando organizado no ataque). Na transição ofensiva, a equipe pode ter como objetivo buscar a pontuação, já que a defesa adversária geralmente não está organizada e a situação favorece uma oportunidade de pontuação em uma condição favorável (Lamas et al., 2014). Os dados de *jaj* suportam a avaliação da eficiência em diferentes tempos de ataques. Para avaliar essas diferentes circunstâncias, o relógio de arremesso pode ser arbitrariamente dividido em três intervalos de tempo: i) ataques com menos de oito segundos de duração; ii) ataques entre oito e 16 segundos; iii) ataques entre 16 e 24 segundos.

Tabela 2: Momentos do jogo

Classe da variável	Variável	Explicação
Tempo e placar	Crítico	Últimos cinco minutos do jogo quando diferença do placar é de até cinco pontos.
	Supercrítico	Últimos dois minutos do jogo quando diferença do placar é de até três pontos.
	Desimportante	Diferença de 10 pontos + x, onde x é a quantidade de minutos restantes no jogo.
Tempo	0-8 segundos	Ataque nos primeiros oito segundos de posse.
	8-16 segundos	Ataque entre os primeiros oito e 16 segundos de posse.
	16-24 segundos	Ataque nos últimos oito segundos de posse.
Placar	Quarto	Primeiro, Segundo, Terceiro ou Quarto.
	Corrida	Quando tem uma sequência de posses com pontuação de uma equipe e no máximo uma posse pontuando do oponente durante um período de tempo.

### 5.3.2. Ações

As ações de *jaj* podem ser classificadas de acordo com a correspondência com as de *box score*. No entanto, os dados de *jaj* compreendem um conjunto maior de informações do que o *box score*. Esses dados também foram modelados e avaliados para posterior avaliação do desempenho do jogo e caracterização do jogador. A seguir, apresentamos uma análise complementar dos dados de *jaj* em comparação aos dados de *box score*, correspondentes às variáveis que exploramos.

- Assistências: Dados de *jaj* discriminam arremessos e bandejas. Conseqüentemente, é possível classificar assistências para bandejas. Essas assistências tendem a ter um impacto maior no jogo, pois levam a um arremesso com maior eficiência e, na maioria dos casos, é um passe mais difícil (Shea and Baker, 2013). Além disso, os dados de *jaj* permitem separar os arremessos assistidos e não assistidos, o que pode suportar inferências em relação a um estilo de jogo mais coletivo ou individual. Com os dados de *jaj*, as assistências também podem ser classificadas em lances livres, arremessos de dois pontos e três pontos, o que permite calcular os pontos gerados a partir das assistências. Essas informações sobre assistências também podem caracterizar melhor o estilo de jogo e passe dos jogadores, principalmente os armadores.

- Rebotes: os rebotes ofensivos que um jogador recupera de seu próprio arremesso podem inserir um viés no número total de rebotes, possivelmente com uma ênfase maior nos pivôs. Ainda relacionado a rebotes, outro caso em particular é o número de rebotes obtidos após lances livres, que no lado defensivo pode levar a uma superestimação do número de rebotes (p. ex., a temporada recorde do jogador da NBA Russel Westbrook (Oliver, 2017)).

- Tocos: os dados de *jaj* definem tocos de dois ou três pontos, o que pode indicar um jogador mais propenso a defender jogadores internos ou de perímetro, respectivamente.

- Faltas: os dados também relacionam faltas e lances livres classificando faltas de bonificação ou três pontos. Um jogador também pode ter uma grande quantidade de faltas, com poucas faltas de arremesso indicando as chamadas “faltas táticas”. Uma falta ofensiva também pode ser diferenciada. As faltas ofensivas no *box score* são consideradas erros e faltas, um jogador pode ser avaliado como um defensor deficiente pelas faltas cometidas, mas na verdade serem faltas ofensivas.

- Erros: podem ser separados entre faltas ofensivas, violações, passes errados e erro de domínio. Conhecer os diferentes tipos de erros que um jogador comete pode ajudar a trabalhar em exercícios específicos de acordo com esses erros. Além disso, violações de tempo (24 segundos, oito segundos e cinco segundos) podem indicar um bom esforço defensivo da equipe adversária.

O conjunto de variáveis acima pode fornecer uma caracterização mais precisa das ações do jogo executadas pelos jogadores. A precisão pode contribuir para uma me-

lhoraria da análise do estilo e das características de jogo de cada jogador.

Os dados de *jaj* também podem contribuir para um cálculo mais preciso da eficiência com base em posses. A fórmula típica baseada no *box score* estima alguns parâmetros, como a correção de 0,44 para lances livres (consulte a equação (??)) ao calcular a posse da bola (Kubatko et al., 2007). Os dados de *jaj* podem permitir a avaliação do número exato de posses em um jogo e também podem fornecer com precisão as posses de pontuação, melhorando os índices de eficiência atuais para a equipe e o jogador.

A explicação de cada variável citada e sua relação com a classificação geral é exibida na Tabela 3.

Tabela 3: Ações

Classe da variável	Variável	Explicação
Assistência	Assistência para bandeja	Assistência para bandeja, enterrada ou ponte aérea.
	Assistência para arremesso no poste	Assistência para <i>fadeaway</i> , gancho ou <i>turnaround</i>
	Assistência para arremesso criado	Assistência para infiltração, <i>floater</i> , <i>pullup</i> , <i>stepback</i> ou <i>jumpshot</i>
	Assistência para lance livre	Especifica o valor do arremesso gerado pela assistência
Rebote	Rebote de ataque após arremesso próprio	Rebote de ataque conquistado pelo mesmo jogador que realizou o arremesso.
	Rebote após lance livre	Rebote conquistado após o último lance livre tentado.
	Rebote após toco	Rebote conquistado após um toco.

Tabela 3: Ações (continuação)

Classe da variável	Variável	Explicação
Arremesso	Assistido	Arremessos assistidos por companheiros.
	Não-assistidos	Arremessos criados pelo jogador.
Toco	Tipo	Bandeja, enterrada, ponte aérea, gancho, infiltração, <i>fadeaway</i> , <i>turnaround</i> , <i>floater</i> , <i>pullup</i> , <i>stepback</i> ou <i>jumpshot</i>
	Toco para dois pontos	Arremessos bloqueados dentro da área de dois pontos (garrafão e meia distância).
Lance Livre	Toco para três pontos	Arremessos bloqueados no perímetro.
	Lance livre de bonificação	Lances livres arremessados após uma cesta realizada.
Lance Livre	Dois lances livres	Lances livres arremessados após uma falta em arremesso de dois pontos ou estouro de faltas coletivas.
	Três lances livres	Lances livres arremessados após uma falta em arremesso de três pontos.
Lance Livre	Posses	Posses de lance livre, cada ícia a linha de lance livre.



Tabela 3: Ações (continuação)

Classe da variável	Variável	Explicação
Falta	Bonificação	Falta quando oponente converte o arremesso.
	Arremesso para dois	Falta durante arremessos de dois pontos errado.
	Arremesso para três	Falta durante arremessos de três pontos errado.
	Não de arremesso	Falta que não leva a um lance livre.
	De ataque	Falta cometida no ataque gerando um erro.
	Anti-desportiva	Gera dois lances livres e posse para o adversário.
Técnica	Gera um lance livre.	

Tabela 3: Ações (continuação)

Classe da variável	Variável	Explicação
Erro	Violação de 24 segundos	Time expira o relógio de arremesso.
	Violação de oito segundos	O time leva mais de oito segundos para atravessar a quadra de defesa.
	Violação de cinco segundos	O jogador demora cinco segundos para repor a bola em jogo na lateral ou linha de fundo.
	Violação de três segundos	O jogador fica três segundos no garrafão.
	Passe errado	Jogador erra uma tentativa de passe.
	Erro de domínio	Jogador tem a bola roubada ou perde controle dela.
	Saída de quadra	O jogador em posse da bola ou a bola encosta na linha/sai da quadra
	Andada	O jogador dá mais passos que o permitido sem driblar a bola.
	Violação de meia quadra	A bola volta da quadra de ataque para a quadra de defesa.
	Falta de ataque	Falta cometida enquanto com a posse.

### 5.3.3. Indicadores de eficiência

Algumas das MAUs e MACs apresentadas anteriormente na Revisão de Literatura foram redesenhadas usando as informações adicionais fornecidas pelos dados de jaj (apresentados na Tabela 3). A principal influência dos dados de jaj no cálculo de diferentes métricas é a precisão em relação ao número de posses. É uma consequência do fato de que as métricas de *box score* precisam de uma estimativa do valor de posse para calcular a eficiência e a jaj pode fornecer a quantidade precisa de posses.

O cálculo das MAUs segue a sequência: i) estimar a quantidade de oportunidades para executar cada ação; ii) calcular a eficiência na execução da ação, considerando a quantidade estimada de oportunidades. Com os dados de jaj, o primeiro passo é excluído, portanto, a quantidade precisa de oportunidades enquanto o jogador estava em quadra é usada da seguinte maneira:

$$PTS\% = \frac{Pts}{FGA + FTA_{pos}} \quad (93)$$

Onde:  $FTA_{pos}$  - posses de lance livre (a quantidade de posses em que o jogador foi a linha de lance de livre, excluindo arremessos de bonificação).

$$OReb\% = \frac{OReb}{OReb_{tpoc} + DReb_{opppoc}} \quad (94)$$

Onde:  $poc$  - enquanto o jogador estava em quadra.

$$DReb\% = \frac{DReb}{DReb_{tpoc} + OReb_{opppoc}} \quad (95)$$

$$Ast\% = \frac{Ast}{FGM_{tpoc} + FTM_{tpos poc} - FGM - FTM_{pos}} \quad (96)$$

$$Stl\% = \frac{Stl}{Poss_{opppoc}} \quad (97)$$

$$PF\% = \frac{PF}{Poss_{opppoc}} \quad (98)$$

$$Tov\% = \frac{Tov}{Poss_{tpoc}} \quad (99)$$

$$Blk\% = \frac{Blk}{FGA_{opppoc}} \quad (100)$$

Algumas opções também foram usadas com os recursos dinâmicos mais precisos disponíveis com a jaj. A justificativa de cada fórmula foi apresentada anteriormente quando a importância de cada uma foi explicada. A eficiência do rebote foi considerada excluindo rebotes após o próprio arremesso, após lances livres e após tocos. As proporções do tipo de assistência foram calculadas. A eficiência do arremesso foi calculada para arremessos assistidos e não assistidos. A eficiência de faltas teve as faltas ofensivas excluídas.

Além disso, as MACs ajudam a entender todo o desempenho do jogador e o IPP foi remodelado para diferenciar da sua versão de *box score*. O uso da jaj para calcular a quantidade precisa de posses foi considerado em todos os casos para comparar a influência do cálculo preciso de posses na avaliação do desempenho do jogador.

#### **5.4. Amostra**

A amostra do estudo consistiu em dados de jaj da temporada 2018/2019 do Novo Basquete Brasil (NBB), totalizando 218 jogos. Os dados foram obtidos no site Fiba-LiveStats utilizando o software Data Miner. Cada linha de jaj consiste em: i) quarto de jogo, ii) ação, iii) equipe, iv) placar, v) número do jogador, vi) nome do jogador, vii) quarto, viii) tempo restante.

As linhas de jaj foram transformadas nas ações de jaj apresentadas em “Modelagem de análise com dados play-by-play” através de um programa desenvolvido para esse fim em Python.

O critério de inclusão limitou a amostra de acordo com o momento do jogo considerado. Para a análise sem restrição de momento do jogo, foram incluídos jogadores que jogaram pelo menos 130 minutos ao longo da temporada. O mínimo de jogos por equipe é de 26 jogos, contabilizando um total de 1040 minutos como o máximo possível a ser disputado por jogadores dessas equipes. Jogadores com ao menos 12,5% desse valor (130 minutos) foram considerados. Para comparação um jogador que joga cinco minutos em média durante todos os 26 jogos seria selecionado. O total de jogadores foi de 151.

Para a análise considerando os momentos específicos do jogo (desimportante, regular, crítico e supercrítico), foram utilizados jogadores com pelo menos 10 minutos ao longo da temporada para o momento analisado. Como a ocorrência do momento supercrítico é extremamente rara, podendo ocorrer por no máximo dois minutos de cada jogo. O valor de 10 minutos foi estabelecido arbitrariamente para que os dados possam ter uma significância mínima sem sofrer muita influência de pequenos períodos de jogo com comportamento não esperado. Foram considerados 112 jogadores para o momento crítico, 163 para o momento desimportante, 179 para o regular e 58 para o supercrítico.

Para a análise considerando o quarto do jogo, foram incluídos jogadores com pelo menos 30 minutos ao longo da temporada no quarto analisado. Foi utilizada a mesma ideia dos dados ao longo da temporada com aproximadamente 12,5% do tempo total possível de jogo em cada quarto (260 minutos). Foram considerados 147 jogadores para o primeiro quarto, 156 para o segundo quarto, 148 para o terceiro quarto e 149 jogadores para o quarto quarto.

### **5.5. Análise de dados**

Primeiro, comparamos IE, WP, PER, IPP *box score* e IPP jaj. A análise foi realizada comparando a correlação entre as métricas e entre as métricas e os IJs. Além disso, uma análise de variância foi realizada para comparar as MACs para as cinco posições dos jogadores.

Segundo, analisamos o desempenho do jogador nos distintos momentos do jogo comparando suas variações entre os quartos, momentos do jogo e intervalos de tempo de posse. Também comparamos jogadores específicos e com melhor desempenho para investigar a diferença de desempenho com outros jogadores.

Por fim, investigamos a relação entre as ações específicas disponíveis nos dados de jaj e as posições dos atletas, considerando métricas específicas (p. ex. pontos, IPP). Além disso, foram realizadas ANOVAs para diferenciar a eficiência para posições e ações com mais de dois critérios. O teste t de Student também foi realizado para diferenciar eficiências para essas ações com dois critérios comparáveis.

## **6. Resultados**

### **6.1. Índice de desempenho**

#### **6.1.1. Eficiência de IJs usando *box score* e dados de jaj**

Calculamos a eficiência dos IJs com dois conjuntos de dados diferentes - *box score* e jaj.

A eficiência média de cada IJ para *box score* e dados de jaj é apresentada na Tabela 4. A média Ast% da jaj é 10,8% e Ast% do *box score* é 12,3%. Isso indica que, em média, para cada 10 arremessos realizados, houve 1,08 e 1,23 assistências, quando calculadas respectivamente por meio de dados de jaj ou *box score*. Pts% teve uma média de 107,3% na jaj e 107,1% no *box score*. Isso significa que, para cada 10 tentativas de arremesso (lances livres incluídos por meio da posse de lance livre), 10,73 pontos foram marcados quando calculados através de jaj e 10,71 pontos através de *box score*. O desvio padrão apresentado permite a comparação do intervalo dos dados. Por exemplo, Blk% teve o desvio padrão maior que a média, indicando que seu valor pode ter uma

grande diferença entre os jogadores, influenciado pelas diferentes posições e papéis dos jogadores.

Identificamos diferenças não significativas no cálculo da eficiência de IJs utilizando dados de *box score* ou jaj, após a realização de um teste t de amostras independentes.

Tabela 4: Teste t independente de duas amostras da eficiência de IJs via *box score* e via jogada a jogada

Eficiência IJ	Jaj	<i>Box score</i>	t	p
Ast%	10.8% ±6.9%	12.3% ±8.3%	-1.710	0.09
Pts%	107.3% ±13.9%	107.1% ±13.5%	0.169	0.87
OReb%	5.0% ±3.1%	5.0% ±3.1%	-0.045	0.96
Tov%	2.9% ±1.0%	2.9% ±1.0%	0.044	0.96
DReb%	12.9% ±4.8%	12.9% ±4.8%	-0.082	0.93
Blk%	0.7% ±0.8%	0.7% ±0.8%	0.010	0.99
Stl%	1.6% ±0.6%	1.6% ±0.6%	0.026	0.98
PF%	5.3% ±1.9%	5.3% ±1.9%	0.004	1.00

### 6.1.2. Comparação das 5 métricas (*IPPjaj*, *IPPbs*, *IE*, *PER* e *WP*)

Primeiramente, o valor médio de cada métrica na temporada para os jogadores é apresentado na Tabela 5. As métricas são apresentadas com seu valor total no final da temporada e não podem ser comparadas entre elas de acordo com seu valor final, pois possuem significados diferentes. Por exemplo, *IPP* refere-se à produção de pontos no tempo disponível para uma partida, *WP* é uma métrica da quantidade de vitórias geradas ao longo da temporada, *PER* é uma métrica por minuto da produção de pontos de acordo com o valor médio da liga e *IE* é a soma de IJs no final da temporada. O desvio padrão do *WP* ( $\pm 3.1$ ) indica que as avaliações dos jogadores são mais amplas

do que outras métricas, como IPP ( $\pm 3.6$ ) e PER ( $\pm 4.9$ ).

Tabela 5: Média e desvio padrão das métricas de eficiência dos jogadores durante toda a temporada

Métrica	Média	DP
IPP jaj	17.6	$\pm 3.6$
IPP bs	17.9	$\pm 3.6$
IE	241.6	$\pm 146.9$
PER	14.2	$\pm 4.9$
WP	4.2	$\pm 3.1$

A tabela 6 estende a análise, exibindo o valor médio das métricas de acordo com as posições dos jogadores. De acordo com os resultados da análise de variância (ANOVA) realizada, houve diferença significativa entre as médias e um teste post-hoc de Tukey evidenciou que o IPP jaj apresentou maior valor para armadores (18,3) e pivôs (18,9) e menor valor para alas (15,9). WP e PER apresentaram uma tendência de diferenças entre as posições, embora não significativas.

Tabela 6: Resultados da ANOVA e post-hoc de Tukey para métricas de eficiência de acordo com a posição do jogador

Métrica	PG	SG	SF	PFw	C	Valor F
IPP jaj	18.3 <sup>c</sup>	16.4	15.9 <sup>ae</sup>	18.2	18.9 <sup>c</sup>	4.285**
	$\pm 3.5$	$\pm 4.1$	$\pm 3.5$	$\pm 2.8$	$\pm 3.6$	
IPP bs	18.1	16.4 <sup>e</sup>	16.3 <sup>de</sup>	19.0 <sup>c</sup>	19.6 <sup>bc</sup>	5.886**
	$\pm 3.4$	$\pm 3.6$	$\pm 3.4$	$\pm 2.8$	$\pm 3.6$	
IE	252.2	209.0	236.5	267.5	235.2	0.553
	$\pm 138.9$	$\pm 118.5$	$\pm 164.7$	$\pm 156.8$	$\pm 147.7$	
PER	14.6	13.3	12.8	15.3	14.9	1.467*
	$\pm 4.6$	$\pm 5.6$	$\pm 5.4$	$\pm 4.1$	$\pm 4.8$	
WP	3.6	3.2	3.8	5.3	5.1	2.840*
	$\pm 2.5$	$\pm 2.5$	$\pm 3.1$	$\pm 3.3$	$\pm 3.4$	

Onde: PG - armador; SG - ala-armador; SF - ala; PFw - ala-pivô; C - pivô; <sup>a</sup> - diferente de armador ( $p < 0.05$ ); <sup>b</sup> - diferente de ala-armador ( $p < 0.05$ ); <sup>c</sup> - diferente de ala ( $p < 0.05$ ); <sup>d</sup> - diferente de ala-pivô ( $p < 0.05$ ); <sup>e</sup> - diferente de pivô ( $p < 0.05$ ); \* -  $p < 0.05$ ; \*\* -  $p < 0.01$

A correlação de Pearson entre as métricas e os IJs é apresentada na Tabela 7. O

IPP jaj tem uma forte correlação com DReb (0,705), uma correlação média com Stl (0,563), Ast (0,481), OReb (0,471) e Tov (0,458). Em comparação ao IPP jaj, o IPP calculado com dados de *box score* apresenta um aumento na correlação com OReb (0,530), Blk (0,431) e uma diminuição com Ast (0,421) e Tov (0,414).

O WP tem uma alta correlação com DReb (0,940) e uma correlação média com OReb (0,694) e Stl (0,614). O PER tem correlações médias/baixas com todos os IJs. Por outro lado, o IE apresenta uma correlação alta/média com todas as métricas, exceto Blk (0,394).

Tabela 7: Correlação de Pearson entre cada métrica de eficiência e IJ

Métrica	OReb	DReb	Ast	Stl	Tov	Blk	PF
IPP jaj	0.471	0.705	0.481	0.563	0.458	0.368	0.286
IPP bs	0.530	0.733	0.421	0.517	0.414	0.431	0.333
WP	0.694	0.940	0.403	0.614	0.549	0.518	0.545
PER	0.364	0.510	0.290	0.405	0.338	0.280	0.175*
IE	0.544	0.868	0.595	0.726	0.722	0.394	0.587

onde: \* -  $p < 0.05$ ; para as outras correlações  $p < 0.01$

Os IJs relacionados à pontuação (pontos, arremessos e lances livres) são apresentados na Tabela 8. IE e WP têm correlação alta/média com todos os IJs e com valores mais altos que o IPP jaj, IPP bs e PER. Todas as métricas têm uma correlação mais alta com os lances livres tentados do que com os convertidos. O IE tem uma correlação muito alta com a quantidade de arremessos tentados (0,902).

Tabela 8: Correlação de Pearson entre cada métrica de eficiência e IJ de pontuação

Métrica	Pts	FGM	FTM	FGA	FTA
IPP jaj	0.562	0.586	0.487	0.511	0.513
IPP bs	0.530	0.568	0.427	0.480	0.457
WP	0.785	0.839	0.613	0.752	0.649
PER	0.604	0.607	0.543	0.542	0.546
IE	0.930	0.944	0.780	0.902	0.790

onde: todas correlações  $p < 0.01$

A quantidade de minutos jogados pode interferir na correlação das métricas e IJs. A influência do tempo nos índices corrobora para a alta correlação entre IE e minutos jogados (0,910) (Tabela 9). O WP também tem uma alta correlação com os minutos jogados (0,778). Enquanto isso, IPP jaj e IPP bs têm uma correlação média (jaj: 0,541;



bs: 0,524) e PER tem uma pequena correlação (0,440).

Tabela 9: Correlação de Pearson entre cada métrica de eficiência e minutos jogados

Métricas	Mins
IPP jaj	0.541
IPP bs	0.524
WP	0.778
PER	0.440
IE	0.910

onde: todas correlações  $p < 0.01$

A correlação entre as métricas é apresentada na Tabela 10. IPP jaj e IPP bs têm alta correlação com todas as métricas. PER tem uma correlação média com WP (0,650) e IE (0,646). WP e IE têm uma correlação muito alta entre si (0,934). IPP jaj e IPP bs também têm uma correlação muito alta entre si (0,979).

Tabela 10: Correlação de Pearson entre métricas de eficiência

Métrica	IPP jaj	IPP bs	WP	PER	IE
IPP jaj	-	0.979	0.804	0.817	0.745
IPP bs	0.979	-	0.823	0.791	0.734
WP	0.804	0.823	-	0.650	0.934
PER	0.817	0.791	0.650	-	0.646
IE	0.745	0.734	0.934	0.646	-

Para investigar melhor o valor do IPP e a influência do uso de dados de jaj em vez dos dados de *box score*, os pontos produzidos de cada IJ no IPP são apresentados na tabela 11. As assistências apresentam uma quantidade maior de pontos no *box score* (2,6) do que na jaj (2,3), embora a diferença não seja significativa. A diferença significativa entre as duas métricas ocorre em pontos com um valor mais alto para jaj (12,8) do que para *box score* (10,2). Apesar da diferença não significativa para assistência, essa diferença ajuda a aproximar o valor final do IPP, pois não há diferença significativa entre o *box score* (17,9) e a jaj (17,6). Para o restante dos resultados, o IPP de jaj será utilizado.

Tabela 11: Teste t independente de duas amostras de pontos produzidos para IPP jaj e IPP bs

Pontos produzidos	Jaj	Box score	t
Ast	2.3 ±1.5	2.6 ±1.7	-1.710
Pts	12.8 ±1.8	10.2 ±1.3	14.087**
OReb	1.7 ±1.1	1.7 ±1.1	-0.011
Tov	-2.3 ±0.8	-2.3 ±0.8	-0.044
DReb	4.4 ±1.6	4.4 ±1.7	-0.025
Blk	0.6 ±0.7	0.6 ±0.7	0.022
Stl	1.2 ±0.5	1.2 ±0.5	0.026
PF	-3.0 ±1.1	-3.1 ±1.1	0.057
IPP	17.6 ±3.6	17.9 ±3.6	-0.841

onde: \*\* -  $p < 0.01$

## 6.2. Tempo de jogo e diferença no placar

### 6.2.1. Comparação de eficiência entre quartos de jogos

A eficiência média do jogador para cada IJ em cada quarto é apresentada na Tabela 12. A eficiência de IJ estatisticamente diferente entre os quartos é o PF%: o quarto quarto (Q4) apresenta uma quantidade maior de PF (6,3%) do que o primeiro quarto (Q1) (4,4%), o segundo quarto (Q2) (5,1%) e o terceiro quarto (Q3) (5,4%). Além disso, o Q3 também possui um valor maior que o Q1.

Tabela 12: Resultados da ANOVA e post-hoc de Tukey para eficiência de IJs no Q1, Q2, Q3 e Q4

Métrica	Q1	Q2	Q3	Q4	valor de F
Ast%	12.1% ±8.0%	11.1% ±7.8%	10.7% ±7.6%	10.0% ±7.0%	2.068
Pts%	109.4% ±22.2%	106.0% ±21.4%	107.7% ±20.6%	107.9% ±21.7%	0.659
OReb%	4.4% ±3.2%	4.9% ±3.6%	5.2% ±3.8%	5.4% ±4.1%	1.960
Tov%	3.1% ±1.6%	3.0% ±1.4%	2.8% ±1.4%	2.8% ±1.4%	1.424
DReb%	13.4% ±5.6%	13.0% ±5.7%	12.8% ±5.6%	12.3% ±5.3%	1.031
Blk%	0.6% ±0.8%	0.7% ±0.9%	0.7% ±1.0%	0.7% ±1.1%	0.465
Stl%	1.6% ±1.0%	1.5% ±1.0%	1.6% ±0.9%	1.7% ±0.9%	0.457
PF%	4.4% <sup>cd</sup> ±2.1%	5.1% <sup>d</sup> ±2.4%	5.4% <sup>ad</sup> ±2.5%	6.3% <sup>abc</sup> ±2.7%	14.263**
IPP	18.2 ±4.5%	17.5 ±4.5%	17.7 ±4.6%	17.2 ±4.7%	1.297

onde: <sup>a</sup> - diferente do Q1 ( $p < 0.05$ ); <sup>b</sup> - diferente do Q2 ( $p < 0.05$ ); <sup>c</sup> - diferente do Q3 ( $p < 0.05$ ); <sup>d</sup> - diferente do Q4 ( $p < 0.05$ ); \*\* -  $p < 0.01$

### 6.2.2. Comparação de eficiência entre regular, desimportante, crítico e supercrítico

Para investigar melhor os resultados da Tabela 12, os momentos do jogo definidos anteriormente (Tabela 2) têm sua eficiência de IJs apresentada na Tabela 13. Deve-se observar o alto desvio padrão para desimportante, crítico e supercrítico de todas as métricas, pois elas apresentam uma quantidade de tempo menor que o período normal. A eficiência de arremesso aumentou durante o supercrítico (127,6%) em comparação com o valor no desimportante (109,3%) e no regular (104,3%). Além disso, o supercrítico é acompanhado de um aumento do IPP (20.4) em comparação com o regular (16,7) e o crítico (17,2). O desimportante também apresenta diferença em relação

ao crítico para Stl% (desimportante: 1,9%; crítico: 1,3%) e para PF% (desimportante: 5,4%; crítico: 6,6%).

Tabela 13: Resultados da ANOVA e post-hoc de Tukey para eficiência de IJs em regular, desimportante, crítico e supercrítico

Métrica	Regular	Desimportante	Crítico	Supercrítico	valor de f
Ast%	10.0%	10.3%	9.6%	9.0%	0.360
	±7.2%	±8.5%	±10.3%	±10.2%	
Pts%	104.3% <sup>d</sup>	109.3% <sup>d</sup>	111.3%	127.6% <sup>ab</sup>	5.217**
	±22.3%	±42.8%	±45.9%	±52.9%	
OReb%	5.1%	5.0%	5.2%	5.5%	0.122
	±3.6%	±4.9%	±5.7%	±6.5%	
Tov%	3.1%	3.1%	2.7%	2.2%	2.391
	±1.7%	±2.4%	±2.7%	±2.7%	
DReb%	12.5%	12.7%	12.8%	11.6%	0.317
	±5.2%	±8.5%	±8.6%	±12.1%	
Blk%	0.7%	0.6%	0.5%	0.7%	0.899
	±0.9%	±1.4%	±1.4%	±1.7%	
Stl%	1.6%	1.9% <sup>c</sup>	1.3% <sup>b</sup>	1.3%	3.862**
	±0.8%	±1.8%	±1.6%	±2.2%	
PF%	5.6%	5.4% <sup>c</sup>	6.6% <sup>b</sup>	5.8%	2.555
	±2.6%	±3.6%	±4.7%	±4.7%	
IPP	16.7 <sup>d</sup>	17.8	17.2 <sup>d</sup>	20.4 <sup>ac</sup>	4.203**
	±4.8%	±7.3%	±8.7%	±8.6%	

onde: <sup>a</sup> - diferente do regular ( $p < 0.05$ ); <sup>b</sup> - diferente do desimportante ( $p < 0.05$ ); <sup>c</sup> - diferente do crítico ( $p < 0.05$ ); <sup>d</sup> - diferente do supercrítico ( $p < 0.05$ ); \*\* -  $p < 0.01$

O aumento de eficiência no supercrítico levou a investigação de quem são os jogadores com maior participação nesses momentos finais do jogo. Escolhemos os jogadores que tiveram uma quantidade superior a média de arremessos tentados no supercrítico (6.4) para serem comparados aos outros jogadores. Os jogadores com maior quantidade de arremessos no supercrítico foram agrupados e denominados Top-20, pois havia 20 jogadores, os outros 131 jogadores foram agrupados e o desempenho de ambos os grupos foi comparado na Tabela 14.

De acordo com o teste t, os 20 melhores jogadores apresentaram maiores quantidades de Mins (879,4), Pts (418,6) e arremessos (349,7) do que os outros jogadores (522,8, 196,8 e 181,5, respectivamente) ao longo da temporada. Além disso, os 20 melhores jogadores tiveram uma maior eficiência de arremesso (119,0%) e IPP (20,3) do que os outros jogadores (105,6% e 17,1).

Tabela 14: Teste t independente de duas amostras de IJs, eficiência de IJ e IPP para os 20 principais jogadores e outros jogadores ao longo da temporada

Métrica	Top-20	Outros	t
Mins	879.4	522.8	8.071**
	±163.3	±244.6	
Pts	418.6	196.8	4.242**
	±122.2	±113.3	
Arremessos	349.7	181.5	7.340**
	±89.8	±96.2	
Pts%	119.0%	105.6%	6.301**
	±10.0%	±13.6%	
IPP	20.3	17.1	3.724**
	±2.4	±3.6	

onde: \*\* -  $p < 0.01$

### 6.2.3. Comparação da eficiência de arremesso de acordo com a duração da posse

O tempo de posse foi agrupado de acordo com os critérios apresentados na Tabela 2. Conforme apresentado na Tabela 15, os arremessos feitos em menos de oito segundos tiveram uma eficiência melhor (1,2 pontos por arremesso) em comparação aos arremessos que demoram mais tempo. Além disso, o teste t também apresentou uma diferença significativa na eficiência do arremesso entre arremessos de oito a 16 segundos de posse (1,0 ponto por arremesso) e arremessos nos oito segundos finais de posse (0,9 pontos por arremesso).

Tabela 15: Teste t independente de duas amostras da eficiência do arremesso, de acordo com o tempo de posse

Métrica	24 segundos	16 segundos	8 segundos	t
Pts%	90.0% <sup>bc</sup>	98.3% <sup>ac</sup>	124.2% <sup>ab</sup>	109.486**
	±22.8%	±22.8%	±16.6%	

onde: <sup>a</sup> - diferente de 24 segundos ( $p < 0.05$ ); <sup>b</sup> - diferente de 16 segundos ( $p < 0.05$ ); <sup>c</sup> - diferente de 8 segundos ( $p < 0.05$ ); \*\* -  $p < 0.01$

### 6.3. Ações específicas do jogo

Também investigamos a eficiência de diferentes IJs de acordo com a caracterização específica permitida pelos dados de jaj, conforme apresentado na Tabela 3.

#### 6.3.1. Rebotes

Os rebotes podem ser divididos em três situações específicas: rebote após arremesso próprio, rebote após lance livre e rebote após toco. A eficiência de rebote do jogador médio nessas três situações e a eficiência de rebote geral são apresentadas na Tabela 16.

A eficiência do rebote para os jogadores não soma necessariamente 100%, pois há rebotes da equipe quando, por exemplo, a bola sai de quadra após um arremesso. Existem cinco jogadores disputando o rebote ofensivo e cinco jogadores disputando o rebote defensivo. Portanto, o valor médio da eficiência de rebote do jogador multiplicado por cinco pode indicar a eficiência de rebote da equipe. Por exemplo, após tocos esse valor seria a média de 10,2% de eficiência de rebote defensivo multiplicado por cinco, para um total de 51% de rebotes para a defesa. O valor médio da eficiência de rebote ofensivo é de 4,0%, multiplicado por cinco é igual a 20%. Considerando os rebotes defensivos (51%) mais ofensivos (20%), haveria um total de 19% dos rebotes após os tocos como rebotes da equipe, ofensivamente ou defensivamente. A eficiência de rebote ofensivo nos lances livres (2,7%) é menor que a eficiência em todas as outras situações. Enquanto isso, para rebotes defensivos, lances livres geram uma eficiência de rebotes mais alta (16,7%) do que em geral.

Tabela 16: Resultados da ANOVA e post-hoc de Tukey para eficiência do rebote em situações específicas

Métrica	Geral	Arremesso próprio	Lance livre	Toco	valor de f
OReb%	5.0% <sup>c</sup>	4.1% <sup>c</sup>	2.7% <sup>abd</sup>	4.0% <sup>c</sup>	9.302**
	±3.1%	±3.2%	±3.7%	±4.7%	
DReb%	12.9% <sup>cd</sup>	NaN	16.7% <sup>ad</sup>	10.2% <sup>ac</sup>	17.055**
	±4.8%		±13.5%	±8.5%	

onde: <sup>a</sup> - diferente do geral ( $p < 0.05$ ); <sup>b</sup> - diferente do arremesso próprio ( $p < 0.05$ ); <sup>c</sup> - diferente do lance livre ( $p < 0.05$ ); <sup>d</sup> - diferente do toco ( $p < 0.05$ ); \*\* -  $p < 0.01$

Para entender a influência dessas diferentes eficiências de rebote no valor total da eficiência de rebote do jogador, a eficiência foi calculada excluindo cada uma das situações apresentadas anteriormente, conforme a Tabela 17.

Há um aumento no OReb% excluindo todas as três situações (5,5%), mas após o teste post-hoc de Tukey nenhuma diferença significativa foi verificada. Por outro lado, há uma diminuição de eficiência para DReb (12,7%), também não significativa.

Tabela 17: Resultados da ANOVA e post-hoc de Tukey para eficiência do rebote excluindo situações específicas

Métrica	Geral	Arremesso próprio	Lance livre	Toco	Todas	valor de f
OReb%	5.0%	5.2%	5.1%	5.0%	5.5%	0.624
	±3.1%	±3.3%	±3.2%	±3.1%	±3.6%	
DReb%	12.9%	NaN	12.6%	13.0%	12.7%	0.215
	±4.8%		±4.5%	±5.0%	±4.7%	

A eficiência para situações específicas de rebote ofensivo de acordo com a posição do jogador é apresentada na Tabela 18. Os pivôs têm maior eficiência em situações gerais (9,0%) e em arremessos próprios (7,1%) do que todas as outras posições. Além disso, os pivôs e os ala-pivôs têm maior eficiência em situações de lances livres (3,6% e 4,8%) do que os armadores (1,0%). Não há diferença significativa entre alas e ala-armadores, assim como não há diferença entre os armadores e os ala-armadores. Comparando dentro da posição, a eficiência do pivôs no lance livre (3,6%) é menor do que em qualquer outra situação, e os ala-armadores e armadores têm uma eficiência mais baixa nos lances livres (1,7% e 1,0%) do que no geral (3,8% e 2,3%). A diminuição da eficiência no lance livre confirma que os efeitos apresentados na Tabela 16 são

consistentes para todas as posições.

Tabela 18: Resultados da ANOVA e post-hoc de Tukey para eficiência de rebotes ofensivos em situações específicas de acordo com a posição do jogador

Métrica	PG	SG	SF	PFw	C	valor de f
Geral	2.3% <sub><math>\lambda</math>^{cde}</sub>	3.3% <sub><math>^{de}</math></sub>	3.8% <sub><math>\lambda</math>^{ade}</sub>	6.7% <sub><math>^{abce}</math></sub>	9.0% <sub><math>\lambda</math>^{abcd}</sub>	71.105**
	±1.0%	±1.6%	±1.8%	±2.1%	±2.4%	
Arremesso próprio	2.0% <sub><math>^{de}</math></sub>	3.7% <sub><math>^e</math></sub>	3.0% <sub><math>^e</math></sub>	4.8% <sub><math>^{ae}</math></sub>	7.1% <sub><math>\lambda</math>^{abcd}</sub>	16.593**
	±1.7%	±2.5%	±1.9%	±2.4%	±4.2%	
Lance livre	1.0% <sub><math>\alpha</math>^{de}</sub>	3.1%	1.7% <sub><math>\alpha</math>^d</sub>	4.8% <sub><math>^{ac}</math></sub>	3.6% <sub><math>\alpha\delta\phi</math>^a</sub>	6.163**
	±2.0%	±4.5%	±2.5%	±4.5%	±3.8%	
Toco	2.1% <sub><math>^e</math></sub>	3.7% <sub><math>^e</math></sub>	2.9% <sub><math>^e</math></sub>	4.3%	7.4% <sub><math>\lambda</math>^{abc}</sub>	6.928**
	±2.7%	±4.2%	±4.0%	±5.0%	±5.8%	
valor de f	3.030*	0.170	3.756*	2.268	8.833**	

onde:  $^a$  - diferente de armador ( $p < 0.05$ );  $^b$  - diferente de ala-armador ( $p < 0.05$ );  $^c$  - diferente de ala ( $p < 0.05$ );  $^d$  - diferente de ala-pivô ( $p < 0.05$ );  $^e$  - diferente de pivô ( $p < 0.05$ );  $\alpha$  - diferente de geral ( $p < 0.05$ );  $\delta$  - diferente de arremesso próprio ( $p < 0.05$ );  $\lambda$  - diferente de lance livre ( $p < 0.05$ );  $\phi$  - diferente de toco ( $p < 0.05$ ); \* -  $p < 0.05$ ; \*\* -  $p < 0.01$

Removendo o rebote ofensivo em situações específicas, não há diferença para nenhuma posição, como visto na Tabela 19. O rebote após o próprio arremesso não gera diferença significativa na média nem no desvio padrão, indicando que nenhum jogador aumentaria sua eficiência de rebote por pegar rebotes após o próprio arremesso. Além disso, os resultados podem confirmar a inexistência de diferença na eficiência de rebote ofensivo entre alas e ala-armadores para esta amostra.



Tabela 19: Resultados da ANOVA e post-hoc de Tukey para eficiência de rebotes ofensivos excluindo situações específicas de acordo com a posição do jogador

Métrica	PG	SG	SF	PF <sub>w</sub>	C	valor de f
Geral	2.3% <sup>cde</sup>	3.3% <sup>de</sup>	3.8% <sup>ade</sup>	6.7% <sup>abce</sup>	9.0% <sup>abcd</sup>	71.105**
	±1.0%	±1.6%	±1.8%	±2.1%	±2.4%	
Arremesso próprio	2.3% <sup>cde</sup>	3.2% <sup>de</sup>	4.0% <sup>ade</sup>	7.1% <sup>abce</sup>	9.3% <sup>abcd</sup>	67.147**
	±1.2%	±1.7%	±2.0%	±2.4%	±2.5%	
Lance livre	2.3% <sup>cde</sup>	3.3% <sup>de</sup>	3.9% <sup>ade</sup>	6.8% <sup>abce</sup>	9.3% <sup>abcd</sup>	68.570**
	±1.0%	±1.6%	±1.9%	±2.3%	±2.5%	
Toco	2.3% <sup>cde</sup>	3.3% <sup>de</sup>	3.9% <sup>ade</sup>	6.8% <sup>abce</sup>	9.1% <sup>abcd</sup>	70.590**
	±1.0%	±1.7%	±1.8%	±2.1%	±2.4%	
Todas	2.4% <sup>cde</sup>	3.3% <sup>de</sup>	4.3% <sup>ade</sup>	7.6% <sup>abce</sup>	10.0% <sup>abcd</sup>	63.733**
	±1.3%	±1.9%	±2.1%	±2.7%	±2.7%	
valor de f	0.163	0.024	0.418	0.696	0.815	

onde: <sup>a</sup> - diferente de armador ( $p < 0.05$ ); <sup>b</sup> - diferente de ala-armador ( $p < 0.05$ ); <sup>c</sup> - diferente de ala ( $p < 0.05$ ); <sup>d</sup> - diferente de ala-pivô ( $p < 0.05$ ); <sup>e</sup> - diferente de pivô ( $p < 0.05$ ); \*\* -  $p < 0.01$

Considerando a eficiência de rebote defensivo, a Tabela 20 apresenta dois grupos para eficiência geral: armadores, ala-armadores e alas; ala-pivôs e pivôs. Por outro lado, a eficiência de rebote defensivo após os tocos não apresenta diferença entre as posições.

Para pivôs e ala-pivôs, há um aumento na eficiência para situações de lances livres (28,3% e 26,4%), além disso, os pivôs possuem uma diminuição significativa da eficiência em situações de toco (11,0%) em comparação com geral (18,4%) Outro grupo com diferença nas situações de lance livre são os armadores com uma diminuição de eficiência (5,0%) em comparação com as outras situações (10,1% e 10,9%).

Tabela 20: Resultados da ANOVA e post-hoc de Tukey para eficiência de rebote defensivo em situações específicas de acordo com a posição do jogador

Métrica	PG	SG	SF	PFw	C	valor de f
Geral	10.1% <sub><math>\delta</math>de</sub>	10.0% <sub>de</sub>	10.5% <sub>de</sub>	15.2% <sub><math>\delta</math>abce</sub>	18.4% <sub><math>\delta</math>abcd</sub>	36.822**
	$\pm$ 2.7%	$\pm$ 4.6%	$\pm$ 2.7%	$\pm$ 3.5%	$\pm$ 4.0%	
Lance livre	5.0% <sub><math>\alpha\lambda</math>cde</sub>	11.1% <sub>de</sub>	13.7% <sub>ade</sub>	26.4% <sub><math>\alpha\lambda</math>abc</sub>	28.3% <sub><math>\alpha\lambda</math>abc</sub>	30.707**
	$\pm$ 5.5%	$\pm$ 13.4%	$\pm$ 11.4%	$\pm$ 10.6%	$\pm$ 9.4%	
Toco	10.9% <sub><math>\delta</math></sub>	8.2%	8.8%	11.6% <sub><math>\delta</math></sub>	11.0% <sub><math>\alpha\delta</math></sub>	0.860
	$\pm$ 8.3%	$\pm$ 6.7%	$\pm$ 9.9%	$\pm$ 7.9%	$\pm$ 8.7%	
valor de f	10.156**	0.552	2.761	26.599**	38.575**	

onde: *a* - diferente de armador ( $p < 0.05$ ); *b* - diferente de ala-armador ( $p < 0.05$ ); *c* - diferente de ala ( $p < 0.05$ ); *d* - diferente de ala-pivô ( $p < 0.05$ ); *e* - diferente de pivô ( $p < 0.05$ );  $\alpha$  - diferente de geral ( $p < 0.05$ );  $\delta$  - diferente de lance livre ( $p < 0.05$ );  $\lambda$  - diferente de toco ( $p < 0.05$ ); \*\* -  $p < 0.01$

A tabela 21 também confirma a separação da eficiência geral de rebote defensivo em três grupos: i) armador, ala-armador e ala; ii) ala-pivô; iii) pivô, em ordem crescente de eficiência.

A análise de posição segue a tendência da tabela 17, não apresentando diferença entre a eficiência de rebote defensivo com e sem as situações específicas.

Tabela 21: Resultados da ANOVA e post-hoc de Tukey para eficiência de rebote defensivo excluindo situações específicas de acordo com a posição do jogador

Métrica	PG	SG	SF	PFw	C	valor de f
Geral	10.1% <sup>de</sup>	10.0% <sup>de</sup>	10.5% <sup>de</sup>	15.2% <sup>abce</sup>	18.4% <sup>abcd</sup>	36.822**
	±2.7%	±4.6%	±2.7%	±3.5%	±4.0%	
Lance livre	10.5% <sup>de</sup>	9.9% <sup>de</sup>	10.3% <sup>de</sup>	14.5% <sup>abce</sup>	17.7% <sup>abcd</sup>	32.072**
	±2.7%	±4.3%	±2.7%	±3.2%	±3.9%	
Toco	10.1% <sup>de</sup>	10.1% <sup>de</sup>	10.7% <sup>de</sup>	15.4% <sup>abce</sup>	18.8% <sup>abcd</sup>	37.605**
	±2.8%	±4.7%	±2.7%	±3.6%	±4.2%	
Todas	10.5% <sup>de</sup>	10.0% <sup>de</sup>	10.4% <sup>de</sup>	14.6% <sup>abce</sup>	18.2% <sup>abcd</sup>	33.012**
	±2.7%	±4.4%	±2.7%	±3.3%	±4.1%	
valor de f	0.211	0.007	0.135	0.463	0.416	

onde: <sup>a</sup> - diferente de armador ( $p < 0.05$ ); <sup>b</sup> - diferente de ala-armador ( $p < 0.05$ ); <sup>c</sup> - diferente de ala ( $p < 0.05$ ); <sup>d</sup> - diferente de ala-pivô ( $p < 0.05$ ); <sup>e</sup> - diferente de pivô ( $p < 0.05$ ); \*\* -  $p < 0.01$

### 6.3.2. Tipo de assistência

As assistências foram agrupadas em três grupos diferentes, de acordo com o tipo de arremesso, conforme apresentado na Tabela 3. Esses três tipos: bandeja, poste e arremesso criado foram comparados entre as posições e apresentados na tabela 22. O tipo de assistência não apresenta grandes diferenças entre as posições. A única diferença significativa está nas assistências para o poste onde armadores (3,8%) e alas (4,1%) têm uma quantidade maior que os pivôs (0,9%). Para todas as posições, o tipo de assistência com mais ocorrências foi arremesso criado (38,8% - 47,3%), bandejas (26,0% - 31,0%) e, finalmente, poste (0,9% - 4,1%).

Tabela 22: Resultados da ANOVA e post-hoc de Tukey para o tipo de assistência% de acordo com a posição do jogador

Métrica	PG	SG	SF	PFw	C	valor de f
Ast bandeja%	30.8% <sub>δλ</sub>	31.0% <sub>δλ</sub>	29.9% <sub>δλ</sub>	26.3% <sub>δλ</sub>	26.0% <sub>δλ</sub>	1.142
	±9.3%	±10.6%	±14.8%	±12.2%	±13.7%	
Ast poste%	3.8% <sub>αλ</sub> <sup>e</sup>	3.1% <sub>αλ</sub>	4.1% <sub>αλ</sub> <sup>e</sup>	2.9% <sub>αλ</sub>	0.9% <sub>αλ</sub> <sup>ac</sup>	4.149**
	±3.3%	±2.3%	±4.6%	±4.3%	±2.2%	
Ast arremesso criado%	41.4% <sub>αδ</sub>	38.8% <sub>αδ</sub>	40.8% <sub>αδ</sub>	45.7% <sub>αδ</sub>	47.3% <sub>αδ</sub>	2.125
	±10.2%	±11.4%	±14.0%	±12.7%	±15.5%	
valor de f	195.516**	94.289**	85.419**	117.748**	115.967**	

onde: <sup>a</sup> - diferente de armador (p < 0.05); <sup>c</sup> - diferente de ala (p < 0.05); <sup>e</sup> - diferente de pivô (p < 0.05); <sub>α</sub> - diferente de ast bandeja% (p < 0.05); <sub>δ</sub> - diferente de ast poste% (p < 0.05); <sub>λ</sub> - diferente de ast arremesso criado% (p < 0.05); \*\* - p < 0.01

### 6.3.3. Arremesso não-assistido ou assistido

A capacidade de converter arremessos não-assistidos foi analisada para as posições e apresentada na Tabela 23. Armadores (35,5%), ala-armadores (49,6%) e alas (59,6%) têm diferentes quantidades de arremessos assistidos em comparação com os alas-pivôs (69,9%) e os pivôs (71,0%). Armadores, ala-armadores e alas também são diferentes entre eles.

Tabela 23: Resultados da ANOVA e post-hoc de Tukey para arremessos assistidos% de acordo com a posição do jogador

Métrica	PG	SG	SF	PFw	C	valor de f
Arremessos assistidos%	35.5% <sup>bcd<sub>e</sub></sup>	49.6% <sup>acde</sup>	59.6% <sup>abde</sup>	69.9% <sup>abc</sup>	71.0% <sup>abc</sup>	50.886**
	±11.1%	±16.3%	±13.9%	±7.6%	±9.0%	

onde: <sup>a</sup> - diferente de armador (p < 0.05); <sup>b</sup> - diferente de ala-armador (p < 0.05); <sup>c</sup> - diferente de ala (p < 0.05); <sup>d</sup> - diferente de ala-pivô (p < 0.05); <sup>e</sup> - diferente de pivô (p < 0.05); \*\* - p < 0.01

Arremessos assistidos% também foram testados como um indicador da eficiência geral do jogador (Tabela 24). Não foi encontrada relação significativa entre arremessar mais bolas assistidas e ter uma melhor eficiência de arremesso. No entanto, existe uma fraca correlação entre o IPP e o arremesso assistido para armadores (-0,403) e uma forte correlação entre o IPP e o arremesso assistido para ala-armadores (-0,770). Nos dois casos, é uma correlação inversa, pois quanto menos arremessos assistidos um

jogador tiver, maior será o IPP.

Tabela 24: Correlação de Pearson entre arremessos assistidos% e pontos% e IPP de acordo com a posição do jogador

Posição	Arremessos assistidos% - Pts%	Arremessos assistidos% - IPP
PG	-0.009	-0.403*
SG	-0.371	-0.770**
SF	-0.026	-0.306
PFw	0.349	-0.047
C	0.149	-0.214

onde: \* -  $p < 0.05$ ; \*\* -  $p < 0.01$

Uma análise que não é possível com os dados de jaja é a eficiência dos arremessos que seriam assistidos e dos arremessos que não seriam assistidos, pois não há notação de possíveis assistências para comparar pontos por tentativa de arremesso nos dois casos. Uma alternativa possível é entender a relação dos arremessos assistidos com os arremessos de dois e três pontos. Essas relações são apresentadas na tabela 25. Os pontos marcados nos arremessos variam de dois a três e a quantidade média de pontos por arremesso realizado pode indicar o valor do arremesso.

Existem diferenças significativas nos pontos por arremessos assistidos realizados em todas as posições. Os alas (ast: 2.515; não-ast: 2.152) e os armadores (ast: 2.658; não-ast: 2.266) apresentam a maior diferença. Ambas as posições apresentam uma grande quantidade de arremessos assistidos para três pontos. Pivôs (ast: 2.123; não-ast: 2.021) têm a menor diferença entre pontos assistidos e não assistidos por arremesso convertido.

Tabela 25: Teste t independente de duas amostras de pontos por arremesso assistido e pontos por arremesso não assistido de acordo com a posição do jogador e os resultados da ANOVA e post-hoc de Tukey nas posições

Métrica	PG	SG	SF	PFw	C	valor de f
PtspSht Ast	2.658 <sup>cde</sup>	2.556 <sup>de</sup>	2.515 <sup>ade</sup>	2.382 <sup>abce</sup>	2.123 <sup>abcd</sup>	38.536**
	±0.175	±0.208	±0.172	±0.189	±0.196	
PtspSht non-ast	2.266 <sup>cde</sup>	2.209 <sup>de</sup>	2.152 <sup>ae</sup>	2.076 <sup>ab</sup>	2.021 <sup>abc</sup>	25.412**
	±0.124	±0.143	±0.127	±0.082	±0.044	
t	10.820**	6.461**	10.060**	7.874**	2.842**	

onde: <sup>a</sup> - diferente de armador ( $p < 0.05$ ); <sup>b</sup> - diferente de ala-armador ( $p < 0.05$ ); <sup>c</sup> - diferente de ala ( $p < 0.05$ ); <sup>d</sup> - diferente de ala-pivô ( $p < 0.05$ ); <sup>e</sup> - diferente de pivô ( $p < 0.05$ ); \*\* -  $p < 0.01$

#### 6.3.4. Faltas

Faltas são comumente consideradas uma métrica de desempenho defensivo, no entanto, elas podem incluir as faltas ofensivas, um tipo de falta e erro cometido no ataque. Para entender a influência da falta ofensiva na quantidade de faltas cometidas, sua média com e sem faltas ofensivas é apresentada na Tabela 26.

Faltas ofensivas afetam o cálculo de PF% para os pivôs, pois nas faltas ofensivas o PF% (6,6%) é maior do que quando sem elas (5,5%). Além disso, os pivôs possuem diferença para armadores (4,3%), ala-armadores (4,6%) e alas (4,8%) quando faltas ofensivas são consideradas, mas são diferentes apenas de armadores (4,2%) sem faltas ofensivas.

Tabela 26: Teste t independente de duas amostras de Falta% com e sem faltas ofensivas de acordo com a posição do jogador e resultados para a ANOVA e post-hoc de Tukey nas posições

Faltas%	PG	SG	SF	PFw	C	valor de f
Com faltas de ataque	4.3% <sup>e</sup>	4.8% <sup>e</sup>	5.1% <sup>e</sup>	5.5%	6.6% <sup>abc</sup>	7.856**
	±1.5%	±1.6%	±1.7%	±1.6%	±2.1%	
Sem faltas de ataque	4.2% <sup>e</sup>	4.6%	4.8%	5.1%	5.5% <sup>a</sup>	3.346*
	±1.5%	±1.6%	±1.6%	±1.6%	±1.7%	
t	0.502	0.460	0.756	1.097	2.146*	

onde: <sup>a</sup> - diferente de armador ( $p < 0.05$ ); <sup>b</sup> - diferente de ala-armador ( $p < 0.05$ ); <sup>c</sup> - diferente de ala ( $p < 0.05$ ); <sup>e</sup> - diferente de pivô ( $p < 0.05$ ); \* -  $p < 0.05$ ; \*\* -  $p < 0.01$

## 7. Discussão

Os dados de jaj forneceram melhores informações sobre a dinâmica do jogo, aumentando os recursos dinâmicos da análise. Apesar de não melhorar as métricas de eficiência, os dados de jaj forneceram outras discussões sobre a eficiência do jogo. Por exemplo, as diferenças de eficiência no quarto período em comparação com o resto do jogo. Uma investigação adicional também descobriu que o desempenho difere de acordo com a diferença na pontuação. Nos momentos finais, os melhores jogadores têm a bola e têm uma alta eficiência em geral. O estudo não encontrou evidências de que o uso de dados de jaj acrescente precisão às fórmulas de eficiência dos IJs. No entanto, justificou o uso de IPP e PER como métricas de eficiência, pois apresentaram uma correlação menor com pontos e minutos jogados. Além disso, o IPP apresentou uma correlação maior e mais homogênea com os IJs que o PER. O uso de dados de jaj demonstrou que não há diferença gerada por diferentes situações de rebote no valor total de rebote. No geral, os dados de jaj contribuem para entender situações específicas e suas implicações no resultado do jogo.

### 7.1. Índices de desempenho

Uma das melhorias da jaj em relação ao *box score* é a possibilidade de determinar com precisão a quantidade de posses em um jogo e aquelas em que o jogador estava na quadra. Apesar disso, o uso de dados de jaj em vez de dados de *box score* não é necessário quando se compara a eficiência de IJs ou IPP, pois diferenças significativas não foram identificadas. Apesar das métricas avançadas estarem relacionadas a posses para normalizar a eficiência dos jogadores, o número estimado de posses na amostra com dados de *box score* (84,9 por jogo, em média) é semelhante à quantidade efetiva de posses identificados com o dados de jaj (84,7 por jogo, em média).

Outra melhoria dos dados de jaj sobre os dados da *box score* é a possibilidade de precisar a quantidade de oportunidades de IJs de acordo com o momento em que o jogador estava em quadra. Com os dados de *box score*, assumimos uma distribuição homogênea de eventos ao longo do jogo e usamos uma proporção da quantidade total de IJs em relação ao tempo em que o jogador esteve na quadra. Os resultados da tabela 4 não indicam nenhuma influência dessa suposição para a maioria das eficiências de IJs. A maior quantidade de minutos considerada para os dados da temporada inteira pode diminuir a influência dos períodos em que o ritmo do jogo foi diferente (Kubatko et al., 2007).

A exceção é a assistência, apesar de não apresentar uma diferença significativa. Assist% é a eficiência de IJ que apresenta a maior diferença, tanto no *box score* quanto na jaj. As correções feitas na quantidade de arremessos de companheiros de equipe

enquanto o jogador estava na quadra e em posse de lances livres podem ter contribuído para essa diferença. Apesar de serem pequenas diferenças, a jaj pode ser considerado um padrão-ouro para a análise de posse, pois a posse pode ser perfeitamente calculada de acordo com a definição escolhida. Conseqüentemente, a investigação adotou os dados de jaj para analisar as métricas de eficiência.

A validação de uma métrica no basquetebol é, por si só, um problema, pois não há resposta para o que exatamente a métrica deve explicar e como calculá-la. Por exemplo, o uso de mais-menos como uma comparação foi considerado, pois é um indicativo de vitórias, mas todas as métricas tiveram uma correlação baixa com mais-menos. O IPP é responsável pelas quantidades de pontos produzidos pelo jogador em um time médio da liga, de acordo com a eficiência do jogador nos IJs. Portanto, seu teste deve envolver a correlação com diferentes IJs. O IPP apresenta muitas semelhanças com as outras métricas, como exemplificado na tabela 10, mas com resultados mais homogêneos entre os IJs e uma fórmula mais simples, utilizando conceitos de diferentes MACs.

A correlação entre IJs e MACs (tabelas 8, 9 e 10) confirma os problemas do IE. A correlação do IE com minutos foi de 0,910 e com pontos foi de 0,930. Uma alta dependência da quantidade de minutos jogados desvaloriza os jogadores que não jogam grande parte do jogo. E, apesar da possibilidade de usar a eficiência por minuto para resolver esse problema, a alta correlação com os pontos indica que principalmente os grandes pontuadores são avaliados sob essa fórmula. A alta influência dos pontos desequilibra todos os aspectos do jogo. Portanto, o IE é uma métrica que supervaloriza a pontuação e o tempo de jogo, dois aspectos que não estão necessariamente conectados à eficiência do jogador, mas à produtividade do jogador.

A posição do jogador pode desempenhar um papel em aspectos específicos da eficiência. Portanto, avaliamos as MACs por posições. O IPP apresentou valores semelhantes às outras métricas avançadas que são avaliadas com pivôs e ala-pivôs tendo maior valor, como visto na tabela 6. Porém, diferentemente das outras métricas, ele também apresentou uma avaliação mais alta dos armadores, sem diferença para ala-pivôs ou pivôs. Uma observação importante sobre a avaliação da posição é o valor relativamente baixo para alas e ala-armadores, jogadores que devem ter um alto valor de pontuação. Mesmo marcando com eficiência, esses jogadores geralmente contribuem para o jogo apenas com a pontuação, o que diminui seu valor no IPP. Eles são a posição mais beneficiada pela avaliação do IE, especialmente os alas. IPP e PER contrapõem a avaliação dos jogadores no IE considerando mais aspectos do jogo.

A baixa avaliação dos armadores no WP e PER pode estar relacionada à fraca correlação com as assistências. Além disso, a alta correlação com o rebote pode estar relacionada à alta avaliação de ala-pivôs e pivôs, posições que devem pegar mais rebote. Nesse sentido, métricas que apresentam uma correlação mais alta com um IJ específico



podem representar uma supervalorização de uma posição específica. Nesse sentido, o IPP apresenta uma evolução em comparação às outras métricas de eficiência, pois sua correlação com os IJs varia de 0,286-0,705 e, se o valor mais alto e o mais baixo forem excluídos, os valores variam de 0,368-0,586. Enquanto isso, a variação do PER está entre 0,175-0,607. Portanto, o IPP fornece contribuições quando consideradas as métricas atuais.

Os dados de jaj demonstraram a precisão das estimativas da *box score*, provando-se desnecessárias para calcular métricas baseadas na posse. Apesar disso, os dados de jaj podem fornecer informações temporais sobre os IJs. A análise usando informações temporais foi testada na próxima etapa do estudo.

## **7.2. Comparação de eficiência relacionada a tempo e pontuação**

Para entender a relação entre eficiência e variáveis temporais, a eficiência entre os quartos do jogo foi avaliada para identificar possíveis tendências diferentes de eficiência durante o jogo. Nenhuma diferença significativa foi encontrada, exceto pela diminuição na quantidade de faltas durante o jogo. Vários fatores podem influenciar esse resultado. Para dar mais clareza à discussão, outro aspecto deve ser considerado, o diferencial de pontuação. Nesse caso, a interação do tempo e da pontuação pode levar a quatro momentos diferentes: crítico, supercrítico, desimportante ou regular.

A consideração de ambos os aspectos pode aumentar a compreensão das tendências temporais do jogo. De acordo com a análise anterior de faltas, por exemplo, houve uma diferença significativa entre crítico (6,6%) e desimportante (5,4%) nas faltas, o que pode ser explicado pela escolha tática de fazer faltas no adversário para evitar o arremesso em jogos mais apertados. Além disso, há um resultado interessante de que o supercrítico não apresentou aumento de faltas em relação ao desimportante ou ao tempo regular. A explicação para isso pode ser que, no final de jogos muito próximos, as equipes utilizam mais a tática de defender a posse do oponente, esperando por um erro, enquanto isso, em jogos próximos, que a equipe está com mais de uma posse atrás do oponente, a escolha é cometer a falta no adversário para economizar tempo e apostar no erro no lance livre. Os detalhes apresentados pelo uso de pontuação e tempo na eficiência dos IJs oferecem uma melhor oportunidade para desenhar a tática mais apropriada para cada partida.

Além das faltas, outra diferença interessante em IJ entre o crítico e o desimportante foi o aumento da quantidade de roubos no desimportante, o que provavelmente ocorreu devido a um estilo de jogo mais relaxado durante o momento desimportante.

O principal resultado fornecido pela análise dos momentos do jogo foi o grande aumento na eficiência de arremesso durante o supercrítico, um resultado inesperado, bem como um aumento no IPP em comparação ao tempo normal. Esse resultado

é bastante contra-intuitivo, pois a expectativa seria de que a maioria dos jogadores ficasse mais estressado ao arremessar para decidir o jogo. Em seguida, realizamos outra análise para investigar quem são os jogadores que arremessam no supercrítico e o motivo dessa excelente eficiência.

Para esse fim, procuramos os jogadores que arremessaram mais que a média durante o supercrítico, resultando em 20 jogadores do conjunto de dados. O desempenho desses jogadores foi analisado em comparação com todos os outros jogadores durante toda a temporada. O desempenho dos 20 principais jogadores foi significativamente superior ao dos outros jogadores (Tabela 14). Portanto, os jogadores que realmente decidem nesses momentos são os melhores pontuadores de cada equipe, com melhor desempenho em todos os momentos. Além disso, indica que pode haver um aumento no desempenho desses jogadores durante o supercrítico. Outro ponto que vale ressaltar é a tendência de menos assistências e menos erros no supercrítico. Isso pode indicar que, além dos melhores pontuadores terem mais arremessos, o final do jogo leva a uma abordagem ofensiva mais individual do que o resto do jogo.

Também descobrimos que, ao analisar a eficiência do arremesso de acordo com o tempo gasto na posse, os arremessos mais rápidos (menos de oito segundos) têm uma taxa de conversão melhor do que os arremessos com mais tempo (mais de oito segundos), aumentando a quantidade de pontos marcados por arremesso em até 30% (Tabela 15). Isso poderia justificar a tendência no jogo de basquetebol de buscar contra-ataques e transição, buscando um estilo de jogo mais direto. Esses números também mostram a importância da transição defensiva, ou seja, uma defesa estruturada após o ataque, a fim de evitar um ataque rápido do oponente.

Existem várias possibilidades de uso para os resultados sobre as interações entre eficiência e momentos do jogo. Podendo contribuir, por exemplo, para melhorias na estratégia de jogo de uma equipe. Um treinador pode identificar os momentos mais fracos da equipe no jogo ou quando preservar seus melhores jogadores ou outras opções estratégicas. A importância dos melhores jogadores no supercrítico também pode ser avaliada individualmente, pois a eficiência de arremesso para o supercrítico apresenta um alto desvio padrão.

Exploramos um espectro mais amplo de ações dos jogadores, o que também é uma possibilidade benéfica do uso de dados de *jaj*, conforme discutido na seção a seguir.

### ***7.3. Eficiência relacionada a ações específicas do jogo***

As ações específicas de rebotes, assistências, arremessos e faltas foram investigadas. A eficiência do jogador foi testada quanto à influência de ações específicas em seu valor total. Por exemplo, a eficiência do rebote não foi afetada pela remoção de situações específicas de rebote (lances livres, tocos e arremessos próprios), apesar da eficiência

nessas situações ser diferente do que quando todos os rebotes foram considerados. A principal explicação para isso é que a frequência com que essas situações acontecem não é suficiente para gerar influência na eficiência do desempenho total de rebote.

Esperava-se que o rebote ofensivo dos próprios arremessos influenciasse a eficiência de rebotes, pelo menos para os pivôs. No entanto, essa hipótese não foi confirmada. Na verdade, o resultado foi o oposto, há uma tendência de aumento no  $OReb\%$  quando rebotes após o próprio arremesso não são considerados (Tabela 19). Isso pode ser devido à quantidade de tentativas de arremesso ser maior do que a quantidade de situações em que o rebote ofensivo do próprio arremesso tem real chance de ocorrer. São disparados vários arremessos por jogo, mas a probabilidade de pegar o rebote do próprio arremesso é pequena para a maioria deles.

O tipo de assistência contribui para entender o impacto das assistências realizadas pelo jogador. As assistências para bandejas podem ser consideradas assistências com um valor mais alto, pois geram uma chance mais fácil de converter o arremesso. De forma oposta, as assistências para arremessos criados dependem mais da habilidade do jogador que arremessa a bola. É interessante notar que não houve diferença significativa entre os tipos de assistência de acordo com as posições. Os armadores não têm uma taxa mais alta de assistências para bandejas do que qualquer outra posição. A maior quantidade de assistências para os armadores não é necessariamente por fazer assistências mais difíceis, mas por ter mais a bola e participar mais do jogo.

A capacidade do jogador de criar o arremesso foi testada verificando a quantidade de arremessos que foram assistidos ou não. Os armadores tiveram a maior quantidade de arremessos não assistidos, enquanto isso, os pivôs e os ala-pivôs tiveram a maior quantidade de arremessos assistidos. Espera-se que os armadores tenham uma grande quantidade de arremessos não assistidos, pois são a posição que mais realiza assistências. Além disso, como eles têm mais a bola sob seu controle, há mais oportunidades para pontuar. Um resultado interessante encontrado foi que jogadores com maior proporção de arremessos não assistidos deverão ter maior valor no IPP. Isso indica que os jogadores que podem criar seus próprios arremessos têm mais chances de ficar entre os melhores da liga. Outra evidência relevante obtida é que os ala-pivôs e os pivôs tiveram uma grande quantidade de arremessos assistidos, mas as distâncias são diferentes. Os pivôs tiveram uma pequena diferença nos pontos por arremesso feito assistido e não-assistido, enquanto os ala-pivôs tiveram uma quantidade maior de arremessos de 3 pontos quando assistidos do que quando não-assistidos. Essa informação é coerente com a tendência de ala-pivôs que espaçam mais a quadra e que, principalmente, arremessam após um passe.

Uma limitação em relação aos arremessos assistidos é a impossibilidade de calcular a eficiência dos arremessos assistidos e de arremessos não-assistidos. Essa comparação

pode ajudar a entender o valor da assistência. No entanto, isso só seria possível com a notação da potencial assistência, onde qualquer arremesso poderia ser considerado “assistido” se realizado após um passe e não apenas os convertidos.

Uma possível melhoria baseada na jaj é a diferenciação de faltas ofensivas. A falta é considerada uma métrica defensiva, mas o *box score* classifica as faltas ofensivas apenas como faltas. Essa diferença é significativa especialmente para os pivôs que possuem maior probabilidade de cometer faltas ofensivas (Tabela 26). Com isso, há uma avaliação dupla para um único evento, pois o evento é considerado tanto um erro quanto uma falta. Portanto, a avaliação defensiva de um jogador usando o *box score* pode estar errada devido à consideração de erros ofensivos (faltas de ataque) como um indicador de desempenho defensivo.

Outros IJs podem ter suas ações especificadas com jaj (como visto na Tabela 3), mas foram consideradas fora do escopo deste trabalho, pois não implicam necessariamente em uma avaliação de eficiência. Eles podem e devem ser utilizados para analisar as características e os papéis dos jogadores no jogo. A análise de tocos e tipos de erro unidos a todas as métricas utilizadas anteriormente pode ajudar na melhor definição do papel do jogador.

A frequência das ações específicas apresentadas pode ser considerada pequena durante o jogo. No entanto, essas ações podem ter um impacto no resultado do jogo. Além disso, existem algumas métricas com alto desvio padrão, justificando a investigação do fenômeno para jogadores específicos (por exemplo, rebotes após lances livres ou arremessos próprios). Portanto, a influência dessas ações específicas no resultado do jogo deve ser minuciosamente investigada, pois elas podem apresentar uma melhoria estratégica no jogo.

Em geral, os dados de jaj forneceram uma melhor avaliação da dinâmica do jogo. A informação é um ativo valioso no desenvolvimento de uma estratégia e a jaj fornece um conjunto mais amplo de informações ao jogo. Por exemplo, a informação temporal pode demonstrar os momentos mais fracos do oponente. Isso pode levar a quando a equipe deve fazer um esforço maior ou quando pode descansar mais. Como esses momentos não acontecem com frequência, mas são decisivos no jogo, uma quantidade maior de dados melhoraria a consistência dos valores e diminuiria os desvios padrão. Além disso, o uso de métricas de eficiência mais relacionadas a aspectos do jogo além da pontuação poderiam ajudar a melhorar o treinamento de jovens jogadores. A avaliação desses aspectos também terá impacto na avaliação de jogadores mais jovens. Esse movimento poderia gerar o desenvolvimento de raciocínio e lógica a partir do jogo que poderiam ser transferidos até para fora da quadra.

## 8. Conclusão

A análise da jaj providencia uma melhora na qualidade da análise do jogo. A quantidade de informações disponíveis na jaj suporta a investigação dos recursos temporais do jogo. O melhor uso das informações dos momentos do jogo podem levar a um impacto direto no desenvolvimento da estratégia.

Os dados de jaj não confirmaram a hipótese de uma grande melhoria no cálculo dos índices de eficiência. As estimativas de posse dos dados do *box score* são suficientes para uma avaliação correta dos jogadores. Apesar disso, o uso de dados de jaj é fundamental para abordagens *top-down* e a redução do ruído dos companheiros deve ser o foco para gerar um uso válido desses dados.

O índice de eficiência proposto (IPP) apresenta um caminho diferente para compreender o desempenho do jogador. O IE provou ser altamente dependente de valores específicos e deve ser substituído por métricas como o PER e o IPP. Além disso, o IPP apresentou uma avaliação mais uniforme dos jogadores que o PER.

O estudo das diferentes eficiências do jogador em diferentes momentos do jogo deve ser amplificado como uma forma de melhorar o desenho da estratégia pelos treinadores. O estudo dos diferentes papéis e eficiências do jogador em situações específicas também deve ser ampliado para melhorar a formação de equipes e o treinamento dos jogadores.

A análise da jaj pode melhorar a análise de jogos a um baixo custo. A melhoria da jaj deve ser considerada com ações simples, como a assistência potencial, um IJ possível de ser calculado considerando a estrutura atual da notação do jogo.

O uso de dados de jaj pode incentivar avanços na compreensão e estratégia de jogos. Evoluindo a percepção dos treinadores e jogadores da lógica do jogo. Além disso, melhorando o raciocínio e a lógica dos jovens jogadores. A compreensão do jogo é fundamental para jogar e ensinar, e o uso de dados de jaj deve impulsioná-la.

## Bibliografia

- 82 Games (2004a). Garbage time player stats. <http://www.82games.com/comm14.htm>. Online; accessed 08 January 2020.
- 82 Games (2004b). "super clutch" nba players. <http://www.82games.com/comm14.htm>. Online; accessed 08 January 2020.
- Ángel Gómez, M., Lorenzo, A., Sampaio, J., José Ibáñez, S., and Ortega, E. (2008). Game-related statistics that discriminated winning and losing teams from the spanish men's professional basketball teams. *Collegium Antropologicum*, 32(2):451–456.
- Araujo, D., Davids, K., et al. (2009). Ecological approaches to cognition and action in sport and exercise: Ask not only what you do, but where you do it. *International Journal of Sport Psychology*, 40(1):5.
- Araujo, D., Davids, K., and Hristovski, R. (2006). The ecological dynamics of decision making in sport. *Psychology of sport and exercise*, 7(6):653–676.
- Baseball Hall of Fame (N.D.). Henry chadwick. <https://baseballhall.org/hall-of-famers/chadwick-henry>. Online; accessed 08 January 2020.
- Basketball Reference (N.D.). Box score new york knicks at toronto huskies. <https://www.basketball-reference.com/boxscores/194611010TRH.html>. Online; accessed 08 January 2020.
- Berri, D., Schmidt, M., and Brook, S. (2006). *The wages of wins: Taking measure of the many myths in modern sport*. Stanford University Press.
- Berri, D. J. (2008). A simple measure of worker productivity in the national basketball association. *The business of sport*, 3:1–40.
- Berri, D. J. (2010). Measuring performance in the national basketball association. In *The Oxford Handbook of Sports Economics*. Oxford University Press.
- Berri, D. J. (2011a). By request, the history of the efficiency measures in the nba. <http://wagesofwins.com/2011/02/01/by-request-the-history-of-the-efficiency-measures-in-the-nba/>. Online; accessed 06 November 2019.
- Berri, D. J. (2011b). Wins produced comes back better and stronger! <http://wagesofwins.com/2011/12/11/wins-produced-comes-back-better-and-stronger/>. Online; accessed 08 January 2020.
- Bhat, H. S., Huang, L.-H., and Rodriguez, S. (2015). Learning stochastic models for basketball substitutions from play-by-play data. In *MLSA@ PKDD/ECML*, pages 55–64.
- Bourbousson, J., Sève, C., and McGarry, T. (2010). Space-time coordination dynamics in basketball: Part 2. the interaction between the two teams. *Journal of Sports Sciences*, 28(3):349–358.
- Casals, M. and Martinez, A. J. (2013). Modelling player performance in basketball through mixed models. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 13(1):64–82.
- Cervone, D., D'Amour, A., Bornn, L., and Goldsberry, K. (2014). Pointwise: Predicting points and valuing decisions in real time with nba optical tracking data. In *Proceedings of the 8th MIT Sloan Sports Analytics Conference, Boston, MA, USA*, volume 28, page 3.

- Christmann, J., Akamphuber, M., Müllenbach, A. L., and Güllich, A. (2018). Crunch time in the nba—the effectiveness of different play types in the endgame of close matches in professional basketball. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 13(6):1090–1099.
- Clemens, A. (2014). Nylon calculus 101: Plus-minus and adjusted plus-minus. <https://fansided.com/2014/09/25/glossary-plus-minus-adjusted-plus-minus/>. Online; accessed 08 January 2020.
- Correia, V., Araújo, D., Vilar, L., and Davids, K. (2013). From recording discrete actions to studying continuous goal-directed behaviours in team sports. *Journal of Sports Sciences*, 31(5):546–553.
- Courel-Ibáñez, J., McRobert, A. P., Toro, E. O., and Vélez, D. C. (2017). Collective behaviour in basketball: a systematic review. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 17(1-2):44–64.
- Courneya, K. S. and Carron, A. V. (1992). The home advantage in sport competitions: a literature review. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 14(1).
- Csataljaj, G., James, N., Hughes, M. D., and Dancs, H. (2012). Performance differences between winning and losing basketball teams during close, balanced and unbalanced quarters. *Journal of Human Sport and Exercise*, 7(2):356–364.
- Csataljaj, G., O’Donoghue, P., Hughes, M., and Dancs, H. (2009). Performance indicators that distinguish winning and losing teams in basketball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 9(1):60–66.
- Davids, K. and Araújo, D. (2010). The concept of ‘organismic asymmetry’ in sport science. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(6):633–640.
- Davids, K., Handford, C., and Williams, M. (1994). The natural physical alternative to cognitive theories of motor behaviour: An invitation for interdisciplinary research in sports science? *Journal of sports Sciences*, 12(6):495–528.
- Doğan, İ., Işık, Ö., and Ersöz, Y. (2016). Examining the turkish men’s professional basketball team’s success according to game-related statistics with discriminant analysis. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 16(3):829–836.
- Doi, T., Mutsuzaki, H., Tachibana, K., Wadano, Y., and Iwai, K. (2018a). Contributions to the team score by male wheelchair basketball players with different physical capacities at the rio 2016 paralympics. *Journal of physical therapy science*, 30(7):948–951.
- Doi, T., Mutsuzaki, H., Tachibana, K., Wadano, Y., and Iwai, K. (2018b). Difference in contributions to the team’s score in female wheelchair basketball at the 2016 rio paralympics by physical capability classification. *Journal of physical therapy science*, 30(4):500–503.
- Drucker, P. (2013). *People and performance*. Routledge.
- Elbel, E. and Allen, F. C. (1941). Evaluating team and individual performance in basketball. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 12(3):538–555.
- Fein, Z. (2009). Cracking the code: How to calculate hollinger’s per without all the mess. <https://bleacherreport.com/articles/>

- 113144-cracking-the-code-how-to-calculate-hollingers-per-without-all-the-mess. Online; accessed 08 January 2020.
- Fernandez-Echeverria, C., Mesquita, I., González-Silva, J., Claver, F., and Moreno, M. P. (2017). Match analysis within the coaching process: a critical tool to improve coach efficacy. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 17(1-2):149–163.
- Fewell, J. H., Armbruster, D., Ingraham, J., Petersen, A., and Waters, J. S. (2012). Basketball teams as strategic networks. *PloS one*, 7(11):e47445.
- FIBA (2018). Statisticians’ manual. [http://www.fiba.basketball/documents/2015/FIBA\\_Stats\\_Manual20120920.pdf](http://www.fiba.basketball/documents/2015/FIBA_Stats_Manual20120920.pdf). Online; accessed 06 November 2019.
- García, J., Ibáñez, J. S., Gómez, A. M., and Sampaio, J. (2014). Basketball game-related statistics discriminating acb league teams according to game location, game outcome and final score differences. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 14(2):443–452.
- García, J., Ibáñez, S. J., De Santos, R. M., Leite, N., and Sampaio, J. (2013). Identifying basketball performance indicators in regular season and playoff games. *Journal of human kinetics*, 36(1):161–168.
- Garganta, J. (2009). Trends of tactical performance analysis in team sports: bridging the gap between research, training and competition. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 9(1):81–89.
- Gómez, M., Lorenzo, A., Sampaio, J., and Ibáñez, S. (2006). Differences in game-related statistics between winning and losing teams in women’s basketball. *Journal of Human Movement Studies*, 51(5):357–369.
- Gómez, M. á., Pérez, J., Molik, B., Szyman, R. J., and Sampaio, J. (2014). Performance analysis of elite men’s and women’s wheelchair basketball teams. *Journal of sports sciences*, 32(11):1066–1075.
- Gómez Ruano, M. Á., Lorenzo Calvo, A., Ortega Toro, E., Sampaio, J., Ibáñez Godoy, S. J., et al. (2007). Diferencias en las estadísticas de juego entre bases, aleros y pívots en baloncesto femenino. *Cultura\_Ciencia\_Deporte [CCD]*, 2(6).
- Gréhaigne, J.-F., Bouthier, D., and David, B. (1997). Dynamic-system analysis of opponent relationships in collective actions in soccer. *Journal of sports sciences*, 15(2):137–149.
- Gréhaigne, J.-F. and Godbout, P. (1995). Tactical knowledge in team sports from a constructivist and cognitivist perspective. *Quest*, 47(4):490–505.
- Gréhaigne, J.-F., Godbout, P., and Bouthier, D. (1999). The foundations of tactics and strategy in team sports. *Journal of teaching in physical education*.
- Hojo, M., Fujii, K., Inaba, Y., Motoyasu, Y., and Kawahara, Y. (2018). Automatically recognizing strategic cooperative behaviors in various situations of a team sport. *PloS one*, 13(12):e0209247.
- Hollinger, J. (2007). What is per? [http://www.espn.com/nba/columns/story?columnist=hollinger\\_john&id=2850240](http://www.espn.com/nba/columns/story?columnist=hollinger_john&id=2850240). Online; accessed 06 November 2019.
- Hollinger, J. and Hollinger, J. (2005). *Pro Basketball Forecast, 2005-06*. Potomac Books.
- Hughes, M. D. and Bartlett, R. M. (2002). The use of performance indicators in performance



- analysis. *Journal of sports sciences*, 20(10):739–754.
- Ibáñez, S. J., Sampaio, J., Feu, S., Lorenzo, A., Gómez, M. A., and Ortega, E. (2008). Basketball game-related statistics that discriminate between teams’ season-long success. *European journal of sport science*, 8(6):369–372.
- Kelso, J. S. (1995). *Dynamic patterns: The self-organization of brain and behavior*. MIT press.
- Kempe, M., Grunz, A., and Memmert, D. (2015). Detecting tactical patterns in basketball: Comparison of merge self-organising maps and dynamic controlled neural networks. *European journal of sport science*, 15(4):249–255.
- Kipling, R. (2005). *The Elephant’s Child: From the Just So Stories*. ABDO.
- Kotzias, K. (2018). The four factors of basketball as a measure of success. <https://statathlon.com/four-factors-basketball-success/>. Online; accessed 08 January 2020.
- Kubatko, J., Oliver, D., Pelton, K., and Rosenbaum, D. T. (2007). A starting point for analyzing basketball statistics. *Journal of Quantitative Analysis in Sports*, 3(3).
- Lamas, L., Barrera, J., Otranto, G., and Ugrinowitsch, C. (2012). Elementos estruturais de um modelo formal dos esportes coletivos de invasão. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, 26(4):741–753.
- Lamas, L., Barrera, J., Otranto, G., and Ugrinowitsch, C. (2014). Invasion team sports: strategy and match modeling. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 14(1):307–329.
- Lamas, L., Junior, D. D. R., Santana, F., Rostaiser, E., Negretti, L., and Ugrinowitsch, C. (2011). Space creation dynamics in basketball offence: validation and evaluation of elite teams. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 11(1):71–84.
- Lamas, L., Santana, F., Heiner, M., Ugrinowitsch, C., and Fellingham, G. (2015). Modeling the offensive-defensive interaction and resulting outcomes in basketball. *PloS one*, 10(12):e0144435.
- Lewis, M. (2009). The no-stats all-star. <https://www.nytimes.com/2009/02/15/magazine/15Battier-t.html>. Online; accessed 08 January 2020.
- Lorenzo, A., Gómez, M. Á., Ortega, E., Ibáñez, S. J., and Sampaio, J. (2010). Game related statistics which discriminate between winning and losing under-16 male basketball games. *Journal of sports science & medicine*, 9(4):664.
- Lorenzo Calvo, J., Menéndez García, A., and Navandar, A. (2017). Analysis of mismatch after ball screens in spanish professional basketball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 17(4):555–562.
- Lucey, P., Bialkowski, A., Carr, P., Yue, Y., and Matthews, I. (2014). How to get an open shot: Analyzing team movement in basketball using tracking data. In *Proceedings of the 8th annual MIT SLOAN sports analytics conference*.
- Lund, S. (2018). Why nba statisticians have a way harder job than you think. <https://www.complex.com/sports/2018/04/how-nba-scorekeepers-track-player-stats>. Online; accessed 08 January 2020.
- Madarame, H. (2018). Basketball game-related statistics that discriminate among continental

- championships for under-18 women. *Sports*, 6(4):114.
- Madrigal, R. and James, J. (1999). Team quality and the home advantage. *Journal of Sport Behavior*, 22(3).
- Martínez, J. A. and Martínez, L. (2011). A stakeholder assessment of basketball player evaluation metrics. *Journal of Human Sport & Exercise*, 6(1).
- McGarry, T. (2009). Applied and theoretical perspectives of performance analysis in sport: Scientific issues and challenges. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 9(1):128–140.
- McGarry, T., Anderson, D. I., Wallace, S. A., Hughes, M. D., and Franks, I. M. (2002). Sport competition as a dynamical self-organizing system. *Journal of sports sciences*, 20(10):771–781.
- McGarry, T. and Franks, I. M. (1994). A stochastic approach to predicting competition squash match-play. *Journal of sports sciences*, 12(6):573–584.
- McGarry, T. and Franks, I. M. (1996). In search of invariant athletic behaviour in sport: An example from championship squash match-play. *Journal of Sports Sciences*, 14(5):445–456.
- McGarry, T., Khan, M. A., and Franks, I. M. (1999). On the presence and absence of behavioural traits in sport: An example from championship squash match-play. *Journal of Sports Sciences*, 17(4):297–311.
- Miller, A., Bornn, L., Adams, R., and Goldsberry, K. (2014). Factorized point process intensities: A spatial analysis of professional basketball. In *International conference on machine learning*, pages 235–243.
- NBA (N.D.). Nba.com/stats frequently asked questions. <https://stats.nba.com/help/faq/>. Online; accessed 08 January 2020.
- Nevill, A. M. and Holder, R. L. (1999). Home advantage in sport. *Sports Medicine*, 28(4):221–236.
- Oh, M.-h., Keshri, S., and Iyengar, G. (2015). Graphical model for basketball match simulation. In *Proceedings of the 2015 MIT Sloan Sports Analytics Conference, Boston, MA, USA*, volume 2728.
- Oliver, D. (2004). *Basketball on paper: rules and tools for performance analysis*. Potomac Books, Inc.
- Oliver, D. (2017). Westbrook’s headlines don’t equate to an mvp. [http://www.rawbw.com/~deano/articles/20170403\\_Westbrook\\_Not\\_MVP.htm](http://www.rawbw.com/~deano/articles/20170403_Westbrook_Not_MVP.htm). Online; accessed 08 January 2020.
- Oxford, P. (2017). An introduction to four factors rating. <https://medium.com/@patrickoxford/an-introduction-to-four-factors-rating-3e9ee475ceed>. Online; accessed 08 January 2020.
- Özmen, M. U. (2016). Marginal contribution of game statistics to probability of winning at different levels of competition in basketball: Evidence from the euroleague. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 11(1):98–107.
- Palao, J. M. and López-Martínez, A. B. (2012). Establecimiento de objetivos a partir del análisis del juego para el trabajo técnico-táctico en voley-playa. un caso práctico. *Revista Española de Educación Física y Deportes*, (396):35.

- Pickens, M. (1994). Game location as a determinant of team performance in acc basketball during 1900-1991. *Journal of Sport Behavior*, 17(4):212.
- Rangel, W., Ugrinowitsch, C., and Lamas, L. (2019). Basketball players' versatility: Assessing the diversity of tactical roles. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 14(4):552–561.
- Remmert, H. and Chau, A.-T. (2019). Players' decisions within ball screens in elite german men's basketball: observation of offensive–defensive interactions using a process-orientated state-event model. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 19(1):1–13.
- Rosenbaum, D. T. (2004). Measuring how nba players help their teams win. <http://www.82games.com/comm30.htm>. Online; accessed 08 January 2020.
- Sampaio, J., Godoy, S. I., and Feu, S. (2004). Discriminative power of basketball game-related statistics by level of competition and sex. *Perceptual and motor Skills*, 99(3\_suppl):1231–1238.
- Sampaio, J. and Janeira, M. (2003). Statistical analyses of basketball team performance: understanding teams' wins and losses according to a different index of ball possessions. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 3(1):40–49.
- Sampaio, J., Janeira, M., Ibáñez, S., and Lorenzo, A. (2006). Discriminant analysis of game-related statistics between basketball guards, forwards and centres in three professional leagues. *European journal of sport science*, 6(3):173–178.
- Sampaio, J., Lago, C., and Drinkwater, E. J. (2010). Explanations for the united states of america's dominance in basketball at the beijing olympic games (2008). *Journal of Sports Sciences*, 28(2):147–152.
- Sampaio, J., McGarry, T., Calleja-González, J., Sáiz, S. J., i del Alcázar, X. S., and Balciunas, M. (2015). Exploring game performance in the national basketball association using player tracking data. *PloS one*, 10(7):e0132894.
- Santana, F., Fellingham, G., Rangel, W., Ugrinowitsch, C., and Lamas, L. (2019). Assessing basketball offensive structure: The role of concatenations in space creation dynamics. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 14(2):179–189.
- Santana, F. L., Rostaiser, E., Sherzer, E., Ugrinowitsch, C., Barrera, J., and Lamas, L. (2015). Space protection dynamics in basketball: validation and application to the evaluation of offense-defense patterns. *Motriz: Revista de Educação Física*, 21(1):34–44.
- Schwartz, B. and Barsky, S. F. (1977). The home advantage. *Social forces*, 55(3):641–661.
- Shea, S. M. (2014). *Basketball analytics: Spatial tracking*. CreateSpace Independent Pub. Platform.
- Shea, S. M. and Baker, C. E. (2013). *Basketball analytics: Objective and efficient strategies for understanding how teams win*. CreateSpace Independent Pub. Platform.
- Shirley, K. (2007). A markov model for basketball. In *New England Symposium for Statistics in Sports*.
- Silva, J. M. and Andrew, J. A. (1987). An analysis of game location and basketball performance in the atlantic coast conference. *International Journal of Sport Psychology*.
- Squared2020 (2017). Introduction to oliver's four factor. <https://squared2020.com/2017/>

- 09/05/introduction-to-olivers-four-factors/. Online; accessed 08 January 2020.
- Štrumbelj, E. and Vračar, P. (2012). Simulating a basketball match with a homogeneous markov model and forecasting the outcome. *International Journal of Forecasting*, 28(2):532–542.
- Travassos, B., Davids, K., Araújo, D., and Esteves, T. P. (2013). Performance analysis in team sports: Advances from an ecological dynamics approach. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 13(1):83–95.
- van Bommel, M. and Bornn, L. (2017). Adjusting for scorekeeper bias in nba box scores. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 31(6):1622–1642.
- Varca, P. E. (1980). An analysis of home and away game performance of male college basketball teams. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 2(3):245–257.
- Vilar, L., Araújo, D., Davids, K., and Button, C. (2012). The role of ecological dynamics in analysing performance in team sports. *Sports Medicine*, 42(1):1–10.
- Wilson, M. R. (2012). Anxiety: Attention, the brain, the body and performance. *The Oxford handbook of sport and performance psychology*, pages 173–190.
- Wright, C., Carling, C., and Collins, D. (2014). The wider context of performance analysis and its application in the football coaching process. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 14(3):709–733.
- Zhang, S., Lorenzo, A., Gómez, M.-A., Mateus, N., Gonçalves, B., and Sampaio, J. (2018). Clustering performances in the nba according to players’ anthropometric attributes and playing experience. *Journal of sports sciences*, 36(22):2511–2520.