

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

**Método de controle do desempenho no
Basquetebol: uma abordagem computacional**

WELLINGTON RANGEL DOS SANTOS

Brasília

2018

WELLINGTON RANGEL DOS SANTOS

**Método de controle do desempenho no Basquetebol: uma abordagem
computacional**

Versão original

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

Área de concentração: Aspectos Biológicos Relacionados ao Desempenho e a Saúde

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Lamas Leandro Ribeiro

Brasília

2018

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

dR196m dos Santos, Wellington Rangel
Método de controle do desempenho no basquetebol: uma
abordagem computacional / Wellington Rangel dos Santos;
orientador Prof. Dr. Leonardo Lamas Leandro Ribeiro. --
Brasília, 2018.
104 p.

Dissertação (Mestrado - Mestrado em Educação Física) --
Universidade de Brasília, 2018.

1. esportes coletivos. 2. estratégia. 3. análise de
jogo. 4. basquetebol. 5. grafos. I. Ribeiro, Prof. Dr.
Leonardo Lamas Leandro, orient. II. Título.

Dissertação de autoria de Wellington Rangel dos Santos, sob o título “**Método de controle do desempenho no Basquetebol: uma abordagem computacional**”, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade de Brasília como requisito para obtenção do grau de Mestre em Educação Física, aprovada em _____ de _____ de _____ pela comissão julgadora constituída pelos doutores:

Prof. Dr. _____
Instituição: _____
Presidente

Prof. Dr. _____
Instituição: _____

Prof. Dr. _____
Instituição: _____

Prof. Dr. _____
Instituição: _____

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Leonardo Lamas Leandro Ribeiro, pela oportunidade, confiança, disponibilidade e amizade. Por ser um incentivador e por ajudar a superar meus limites.

Ao Prof. Dr. Carlos Ugrinowitsch, pela colaboração para a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Junior Barrera, pelo apoio e sábias contribuições.

Aos amigos Felipe, Bruno e Guilherme por compartilharem seus conhecimentos ao longo desta caminhada.

Ao Manoel Teixeira e Elizete Floriano por acreditarem neste projeto.

Ao amigo Vinícius que mesmo fisicamente distante foi sempre presente.

Aos amigos Leonardo Valadares e Anna Letícia pelos conselhos e dicas.

À Paloma por sempre oferecer ajuda em momentos de dificuldade.

Ao Marcelo pelo grande apoio, amizade, por estar sempre disponível a me ouvir.

À minha família um especial agradecimento.

À Carla pelo absoluto apoio, pelo incentivo nas horas de desânimo, pelo café noturno, pelo amor incondicional.

Aos meus filhos Olívia e Noah pelas alegrias que me dão diariamente e que me deram durante todo este processo.

Resumo

RANGEL, W. “**Método de controle do desempenho no Basquetebol: uma abordagem computacional**”. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Universidade de Brasília, Brasília.

O objetivo deste estudo foi desenvolver um método de controle do desempenho de uma equipe de Basquetebol. Por controle de desempenho compreende-se o monitoramento e intervenção sobre três etapas: i) desenho da estratégia; ii) aprendizado da estratégia no treinamento da equipe; iii) avaliação da execução da estratégia no jogo. Conjuntamente, essas três etapas definem o Ciclo de Vida da Estratégia (CVE). O modelo do CVE foi aperfeiçoado, estruturando-se o ciclo a partir de dois conceitos: decomposição e memória. A estrutura de decomposição prevê que os conteúdos das etapas do CVE pertençam ao mesmo conjunto e com mesmo nível de resolução. Dessa forma, estes conteúdos podem ser selecionados e propagados ao longo do ciclo. Já a memória é definida pela estrutura de armazenamento de toda informação gerada, assegurando a retroalimentação entre as etapas. Para a geração de dados cuja análise pudesse embasar o desenvolvimento da referida metodologia de controle foi desenvolvido um sistema computacional para cobrir todas as etapas do CVE. Utilizando o sistema, o modelo do CVE foi instanciado na rotina de uma equipe de Basquetebol. De acordo com os resultados, análises topológicas foram eficientes na quantificação e comparação de estratégias. Análises quantitativas e de caráter preditivo resultaram em informações sobre conteúdos de treinamento mais frequentes e encadeamentos de conteúdos que o técnico utiliza mais vezes. No jogo, o uso de árvores de decisão contribuíram para demonstrar padrões de comportamento nas posses de bola e a relação com a taxa de sucesso da equipe. Por fim, os dados de aderência da estratégia no jogo e taxa de sucesso das jogadas deram suporte para a definição de medidas preliminares para o estudo da aprendizagem da estratégia da equipe. A aprendizagem pode ser compreendida por meio da diversidade dos conteúdos estratégicos utilizados pela equipe no jogo, o percentual de posses de bola nas quais a equipe atuou a partir do conteúdo estratégico e, finalmente, a taxa de sucesso na utilização da estratégia. No presente estudo, embora a equipe tenha utilizado 73% do conteúdo estratégico total, isso ocorreu em apenas 34% das posses de bola, com um êxito de apenas 25%. A equipe indicou conhecer a estratégia mas ainda não foi capaz de executá-la com eficiência, em situação real de jogo.

Palavras-chaves: esportes coletivos, estratégia, análise de jogo, árvore de decisão, grafos, Basquetebol

Abstract

RANGEL, W. “**Method for controlling Basketball performance: a computational approach**”. Dissertation (Master in Science). Faculty of Physical Education, University of Brasilia, Brasilia, Federal District, Brazil.

The goal of the present study was to develop a method for controlling performance of a Basketball team. Performance control refers to the monitoring and intervention over three steps of the team preparation process: i) strategy design; ii) strategy learning through training; iii) evaluation of strategy execution during games. Conjointly, these three steps define the Strategy Life Cycle (SLC). The SLC model was improved by applying two concepts: decomposition and memory. The decomposition structure requires that SLC contents are in the same resolution level. It enables them to be selected and propagated along the cycle. Memory is defined by the storage structure of all information generated, which allows feedbacks to all SLC steps. The computational system was applied to the preparation routine of a Basketball team. Results demonstrated that topological analysis were efficient to quantify and compare strategies. Descriptive and predictive analysis resulted in information about the most frequent training contents and the most typical concatenations of contents in a training session used by a coach. In game analysis, the use of decision tree contributed to demonstrate tactical patterns in the ball possessions and its relation to the team success. Finally, results in regard to adherence of game contents to the strategy and the success rate of set plays supported the definition of preliminary metrics to approach the learning of strategy by the team. Learning should be comprehended by the diversity of strategic contents performed by the team in a game, the proportion of ball possessions in which the team used its strategy and, finally, the success rate in performing its strategy. In the present study, although the team executed 73% of its total strategic contents, it occurred in 34% of the game's ball possessions, only. And with a success rate of 25%. The team indicated to have memorized its strategy but not perform it efficiently, in real game situation.

Keywords: team sport, strategy, game analysis, decision tree, graphs, basketball

Lista de Figuras

Figura 1 – Estrutura hierárquica do sistema dinâmico equipe. 1: equipe (jogadores e comissão técnica); 2T: comissão técnica; 2A: grupo de jogadores; 3T: membros da comissão técnica; 3A1 a 3An: jogadores da equipe; 4A: características internas de cada jogador. Adaptado de Lebed (2007).	19
Figura 2 – Grafo da Estratégia destacando as variações do Sistema de Triângulos. Adaptado de Lamas (2012).	22
Figura 3 – Classes de conteúdos estratégicos, táticos e técnicos de treinamento no Basquetebol. Adaptado de Jerônimo et al. (2016).	23
Figura 4 – DCE. a) Desmarque com bola com drible; b) Desmarque com bola sem drible; c) Desmarque sem bola; d) Bloqueio direto; e) Bloqueio indireto; f) Isolamento no poste; g) Isolamento no perímetro. Fonte: (SANTANA, 2016).	25
Figura 5 – Ciclo de vida da estratégia, onde retângulos: processos; setas contínuas: fluxo de processos; setas pontilhadas: fluxo de dados; papéis: dados. Fonte: (LAMAS, 2012).	26
Figura 6 – Ciclo de desenvolvimento de <i>software</i> . Adaptado de Sommerville (2011).	29
Figura 7 – Modelo do padrão de arquitetura MVC que define a divisão de uma <i>software</i> em três componentes: Modelo, Visão e Controle. Fonte: Adaptada de Maverick (2016).	30
Figura 8 – Tela principal do <i>Unity3D</i> [®]	31
Figura 9 – <i>PYC-Basket</i> - Captura da tela de gestão do treino. Fonte: (PÉREZ et al., 2003).	35
Figura 10 – <i>PYC-Basket</i> - Captura da tela de comparação entre o planejamento com a real prática nos treinos. Fonte: (PÉREZ et al., 2003).	35
Figura 11 – <i>BasketStar 5</i> - Captura da tela de planejamento de treinos. Fonte: futursports (2017).	35
Figura 12 – <i>BasketStar 5</i> - Captura da tela de anotação de jogos. Fonte: futursports (2017).	36
Figura 13 – Figura representando o processo de KDD. Adaptador de Fayyad et al. (1996).	37

Figura 14 – Árvore de decisão para o diagnóstico de um paciente. Fonte (GAMA, 2002).	39
Figura 15 – Fluxo do conteúdo equivalente (<i>Top Key Back Screen</i>) transitando entre as etapas do CVE.	49
Figura 16 – Tela principal da ferramenta <i>Test Runner</i> com a lista de testes por classe. Os itens marcados em vermelho indicam que o teste falhou. A parte inferior indica, entre outras informações, a linha exata onde a falha aconteceu.	52
Figura 17 – Trecho da documentação do código-fonte da classe de desenho dos diagramas <i>Court</i>	52
Figura 18 – Interface de desenho dos diagramas da estratégia.	53
Figura 19 – <i>Playbook</i> de jogadas com suas sequências de diagramas.	54
Figura 20 – Grafo da Estratégia - DCEs. A esquerda: quadro de métricas calculadas por meio da análise topológica.	55
Figura 21 – Apresentação das ações básicas - passe, bloqueio, deslocamento, drible e arremesso.	56
Figura 22 – Áreas mapeadas da quadra de Basquetebol. Onde K-Key,TK-Top Key,LW-Left Wing, RW-Right Wing, LC-Left Corner, RC-Right Corner, LSW-Left Short Wing, RSW-Right Short Wing, LSC-Right Short Corner, RSC-Right Short Corner, CP-High Post, LP-Left Post, RP-Right Post	56
Figura 23 – Reconhecimento automático das DCEs - <i>Screen Away from Right Side</i> formado por um passe, um bloqueio e um deslocamento sem bola.	58
Figura 24 – Transição das posições dos jogadores entre os diagramas de origem e destino. Diagrama 1: o jogador 1 com a bola faz um passe para o jogador 2 e desloca-se para o lado esquerdo cruzando o garrafão. Diagrama 2: o jogador 1 é posicionado no destino da ação de deslocamento e a bola agora está com jogador 2.	58
Figura 25 – Calendário de treinos e jogos da equipe.	59
Figura 26 – Períodos de uma sessão de treino.	60
Figura 27 – Configuração do treino com opções de seleção dos conteúdos: Jogadas, DCEs e exercícios agrupados por sua classe de conteúdo.	61

Figura 28 – Configuração do treino - seleção de jogadas originadas no desenho da estratégia.	61
Figura 29 – Configuração do treino - seleção de ações DCE de uma jogada.	62
Figura 30 – Configuração do treino - desenho livre de exercícios.	62
Figura 31 – Impressão de uma sessão de treino.	63
Figura 32 – Lista de jogos da equipe na temporada e respectivos relatórios de desempenho no jogo.	64
Figura 33 – Tela de anotação de jogo via teclado.	65
Figura 34 – Atribuição de teclas para cada evento de jogo.	65
Figura 35 – Expressão regular.	66
Figura 36 – Fluxo da expressão regular.	66
Figura 37 – Tela de anotação de jogo por meio de vídeo.	67
Figura 38 – Frequência de ações e de concatenações entre ações dentro da mesma posse de bola ocorridas durante uma partida de Basquetebol.	68
Figura 39 – Relatório Treinamento x Estratégia. Frequência de jogadas e ações DCEs treinadas e seus totais na estratégia.	69
Figura 40 – Relatório de Jogos x Treinamento. Ações DCE executadas no jogo x total posses que resultaram em sucesso x frequência nos treinos.	69
Figura 41 – Relatório de Estratégia x Jogos. Ações DCE x presença nos jogos x frequência de sucesso.	70
Figura 42 – Frequência das ações DCEs desenhadas na estratégia pelo técnico viabilizado pelo armazenamento destas ações no banco de dados.	71
Figura 43 – Frequência das ações desenhadas na estratégia.	72
Figura 44 – Distribuição semanal do conteúdo de treinos organizados por classes.	73
Figura 45 – Tempo dedicado aos conteúdos de treinamentos de ataque e defesa dentro do microciclo de 7 dias. O eixo x indica as semanas do ano, enquanto o eixo y representa a escala de tempo em minutos.	75
Figura 46 – Composição geral dos conteúdos de treinamentos. O conteúdos foram agrupados pelas classes de conteúdos dentro das áreas delimitadas pela borda na cor branca. As dimensões e gradações de cores são proporcionais ao número de ocorrência dos conteúdos nos treinos.	76
Figura 47 – Frequência de palavras obtidas a partir de técnicas de mineração de texto das observações feitas pelos treinadores sobre cada sessão de treino.	77

Figura 48 – Prescrição de 4 sessões de treino limitados a 75, 60, 45, 30 minutos e maximizados pelo total de exercício em cada classe. Onde: EC: Estratégico Coletivo; EG: Estratégico Grupal; TC: Tático Coletivo; TG: Tático Grupal; TI: Tático Individual; e T: Técnico. Cada fatia representa uma classe de conteúdo. Os números entre parênteses são, respectivamente, o total de minutos e o total de exercícios da classe de conteúdo.	78
Figura 49 – Variabilidade Estratégica das equipas no jogo.	79
Figura 50 – Percentual de sucesso (i.e., cestas convertidas e faltas recebidas) das ações DCEs que antecedem a finalização por equipa.	79
Figura 51 – Arvore do time Laranja mostrando como resultado da posse dependeu de decisões da equipa. Em cada nó há quatro informações: i) o percentual de posses avaliadas; ii) o percentual de insucesso à esquerda e o sucesso à direita; e iii) a tonalidade de cores varia de acordo com o percentual de sucesso e insucesso. Quanto maior a tonalidade de vermelho, maior o insucesso.	80
Figura 52 – Arvore do time Verde mostrando como resultado da posse dependeu de decisões da equipa. Em cada nó há quatro informações: i) o percentual de posses avaliadas; i) o percentual de insucesso à esquerda e o sucesso à direita; iii) o resultado é definido a partir o maior percentual; e iv) a tonalidade de cores varia de acordo com o percentual de sucesso e insucesso. Quanto maior a tonalidade de vermelho, maior o insucesso.	81
Figura 53 – Jogadas planeadas na estratégia e suas frequências nos treinamentos.	82
Figura 54 – ações DCEs presentes na estratégia e suas frequências nos treinamentos.	82
Figura 55 – Distribuição dos conteúdos de treino pré e pós jogo.	83
Figura 56 – Frequência de treinamento das jogadas x sucesso/insucesso no jogo.	83
Figura 57 – Frequência de treinamento das ações DCEs x sucesso/insucesso das posses no jogo	84
Figura 58 – Grafo da estratégia em função do resultado das jogadas em quadra. A cor branca indica que os estados destas jogadas não foram executas em quadra; a tonalidade vai do claro ao escuro de acordo com o percentual de sucesso. Quanto mais escuro maior o sucesso.	85

Figura 59 – Comparação topológica de duas estratégias representadas por grafos.
Os estados foram representados pelos círculos e as conexões pelas setas.
As cores de cada estado indicam que estes estados são transições de
uma mesma jogada. 86

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Amostra de conteúdos de treinamentos associados as classes ETTs. Adaptado de Jerônimo et al. (2016).	24
Tabela 2 – Subconjunto da biblioteca de conteúdos de treinamentos criados a partir da etapa de validação de conteúdo de treinos.	51
Tabela 3 – Subconjunto do mapeamento da origem e destino de cada DCE.	57
Tabela 4 – Frequência conteúdos indicados pela análise de regras de associação pelo critério de mínimo de 15 sessões de treino e 15% de suporte, onde: EC: Estratégico Coletivo; EG: Estratégico Grupal; TC: Tático Coletivo; TG: Tático Grupal; TI: Tático Individual; e T: Técnico.	74
Tabela 5 – Médias de frequência e tempo das classes de conteúdo por sessão de treinamento.	74

SUMÁRIO

1	Introdução	15
2	Objetivo	17
2.1	Objetivo Geral	17
2.2	Objetivos Específicos	17
3	Revisão da Literatura	18
3.1	Modelagem das etapas do desempenho no Basquetebol	18
3.1.1	Modelagem da estratégia	20
3.1.2	Modelagem do processo de treinamento	23
3.1.3	Modelagem da análise do jogo	24
3.1.4	Controle do desempenho de uma equipe de Basquetebol	25
3.2	<i>Softwares</i> aplicados ao Basquetebol	27
3.2.1	Fundamentos computacionais	27
3.2.2	Características e Funcionalidades de Softwares no Basquetebol	32
3.2.3	Implementações de <i>Softwares</i> no Basquetebol	33
3.2.4	Técnicas computacionais para obtenção e análises de novos dados no Basquetebol	36
4	Metodologia	41
4.1	Detalhamento do CVE	41
4.1.1	Desenho da estratégia	41
4.1.2	Estruturação do processo de treinamento	42
4.1.3	Anotador de eventos do jogo	42
4.1.4	Retroalimentação	43
4.2	Estrutura do sistema computacional	43
4.3	Experimento	45
4.4	Amostra	46
4.5	Análise dos dados	46
5	Resultados	49

5.1	Aperfeiçoamento do modelo do CVE	49
5.1.1	Evolução do modelo dos conteúdos de treinamento	50
5.2	Sistema computacional	51
5.2.1	Módulo de desenho de estratégias	53
5.2.2	Módulo de treinamento	59
5.2.3	Módulo de jogo	63
5.2.4	Relatórios inter-etapas	68
5.3	Resultados experimentais	70
5.3.1	Análises intra-etapa do CVE	71
5.3.2	Análises inter-etapas do CVE	81
6	Discussão	87
6.1	Aperfeiçoamento do modelo do CVE	87
6.2	Implementação computacional do CVE	88
6.3	Aplicação do Modelo	89
7	Conclusão	96
	Referências	97

1 Introdução

O desempenho de uma equipe de Basquetebol depende da precisa cooperação entre os jogadores. A cooperação organizada faz com que os jogadores antecipem situações comuns de jogo e respondam de forma orquestrada, mantendo maior aderência ao planejamento coletivo da equipe (LAMAS et al., 2014). Por sua vez, aderência ao planejamento da equipe é um tema central na análise do desempenho do Basquetebol (LUCHEY et al., 2013; LAMAS et al., 2014; BIALKOWSKI et al., 2014) e depende de um processo de preparação adequado para que seja bem-sucedido.

O processo de preparação da equipe envolve as seguintes etapas: i) especificação da estratégia; ii) aprendizado da estratégia (i.e., treinamento); iii) avaliação do jogo (LAMAS, 2012). Uma estratégia bem desenhada garante um bom plano de cooperação. Um processo de treinamento qualificado consiste na forma adequada para se ensinar o que foi planejado na estratégia à equipe. Finalmente, um protocolo acurado de análise de jogo permite avaliar quanto e com qual qualidade o conteúdo estratégico foi aplicado nas condições reais. Estas etapas, somando-se às retroalimentações entre elas, definem o Ciclo de Vida da Estratégia (CVE) (LAMAS, 2012). Embora a definição do CVE esteja estabelecida na literatura (LAMAS, 2012), ainda não foi possível testá-lo experimentalmente pois não há dados disponíveis para análises. A documentação da estratégia, por exemplo, tipicamente limita-se a desenhos de jogadas em diagramas impressos em papel, o chamado “playbook”. Prática semelhante ocorre com as sessões de treino, cujo registro também costuma ser feito em papel. A análise de jogo é a exceção a essa tendência de tipo de registro, pois é frequente na comunidade o uso de *softwares* para esse fim, gerando dados em formato digital de fácil utilização.

É possível encontrar algumas contribuições na literatura visando aumentar a eficiência na geração e retenção de informação das outras etapas além da análise do jogo, mas em nenhum dos casos o CVE é abordado em sua totalidade (TEMMA SOFTWARE, 2012; SPORTS, 2003a; FITIVITY, 2014; EUROPE, 2016; ORTIZ, 2016). No desenho da estratégia, por exemplo, as propostas existentes funcionam somente como pranchetas virtuais, substituindo as pranchetas tradicionais de desenho à mão, e demandam grande tempo e trabalho manual para elaboração dos conteúdos (i.e., desenhos de ações e jogadas a serem realizadas pelos jogadores) (JES-SOFT, 2015; CANICA, 2012; SOUKUP, 2016; SPORTS, 2003a; TEMMA SOFTWARE, 2012; IDEAS, 2015; EUROPE, 2016; CANICA,

2012). Na etapa de treinamento, as alternativas disponíveis contribuem com a disponibilização de conteúdos técnicos e táticos por meio de vídeos (FITIVITY, 2014; FREE SPORT, 2015b; FREE SPORT, 2015a; LLC, 2016), mas como não estão vinculadas ao conteúdo estratégico não permitem analisar a eficiência do ensino-aprendizagem do plano coletivo da equipe. Finalmente, no jogo, apesar da sofisticação da aquisição e análise dos dados comportamentais e de indicadores de jogo, seja individuais ou coletivos, persiste a mesma limitação de não integrar esses dados com as demais etapas do processo de preparação da equipe (SPORTS, 2003b; PPNDRD, 2017; HAYAVA, 2012; ORTIZ, 2016; APPTIMIZED, 2016; SCOUT, 2013; COACH TOOLS, 2015; BLACKBELT, 2011; BASKETBALL, 2013; TURBOSTATS, 1992). Neste caso, as análises podem resultar em acurados diagnósticos de como a equipe atuou e ir além, predizendo desempenhos futuros. Mas, assim como para as demais etapas do CVE, a análise isolada limita o entendimento de como o desempenho observado foi construído.

Para a integração dos conteúdos na estrutura do CVE é necessário sistematizá-los, a partir de uma linguagem comum que os permita identificá-los e mapeá-los em todas as fases da preparação. Além de criar uma forma de obter e armazenar os dados gerados em cada etapa do CVE para que possam ser analisados. O êxito dessa sistematização de conteúdos leva à possibilidade de acessar uma crescente base histórica de dados e abordar questões não exploradas quantitativamente na literatura esportiva relacionadas à eficiência do planejamento estratégico, seu aprendizado no treinamento e sua execução no jogo. Estas questões remetem à hipótese de que o desempenho no jogo é influenciado pela eficiência na execução das etapas do CVE. O objeto de estudo do presente trabalho é o ciclo de vida da estratégia no contexto do Basquetebol e o controle de sua utilização, tendo em vista a aumentar sua eficiência.

2 Objetivo

2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um método de controle do Ciclo de Vida da Estratégia (i.e., desenho da estratégia, aplicação da estratégia no treinamento da equipe e execução da estratégia no jogo), a partir de um sistema computacional desenvolvido para esta finalidade.

2.2 Objetivos Específicos

1. Aprimorar o Ciclo de Vida da Estratégia, com ênfase na estruturação do fluxo de dados entre as etapas.
2. Desenvolver um sistema computacional para coleta de dados de cada etapa do CVE.
3. Desenvolver medidas das análises intra- e inter-etapas do CVE para avaliar sua eficiência.

3 Revisão da Literatura

3.1 Modelagem das etapas do desempenho no Basquetebol

No cotidiano, utilizamos modelos para decifarmos o mundo real simplificando os sistemas complexos. Apesar de fazermos isto muitas vezes de maneira intuitiva, a complexidade original dos eventos impõem significativas limitações para o seu entendimento quando a simplificação por meio de um modelo é realizada de forma empírica (LAMAS et al., 2013). Um exemplo de ocorrência de vieses na modelagem de um fenômeno pode ser ilustrado pelo que ocorre nos esportes coletivos de invasão (ECI), sempre que estratégias são elaboradas a partir de crenças individuais dos treinadores, não baseadas em evidências e conceitos formalizados. A formação das equipes e dinâmicas individuais ou coletivas fazem parte deste modelo e sua estruturação depende da proficiência do técnico para progressivamente refinar seu modelo de desempenho da equipe (LAMAS et al., 2013).

Desde algum tempo, verificam-se contribuições científicas no assunto, que buscam superar a abordagem empírica na estruturação do processo de rendimento das equipes (LAMAS et al., 2014; LAMES; HANSEN, 2011; LEBED, 2007) . Na proposta de Lebed (2007) são apresentados quatro níveis hierárquicos (Figura 1). O primeiro nível é a equipe (1), composta por comissão técnica (2T) e jogadores (2A), sendo o elemento central da estrutura e o mais elevado. O segundo nível representa a relação entre a comissão técnica (3T) e os jogadores (3A1 a 3An) por intermédio da comunicação e *feedback* entre eles. O terceiro nível é formado pelos integrantes da comissão técnica e por cada um dos jogadores. O quarto nível é formado pelos sistemas internos de cada jogador (i.e., aspectos físicos, cognitivos, psicológicos) (4A).

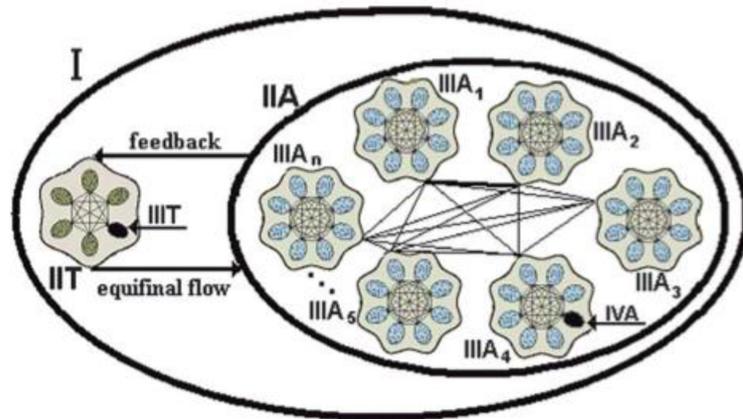


Figura 1 – Estrutura hierárquica do sistema dinâmico equipe. 1: equipe (jogadores e comissão técnica); 2T: comissão técnica; 2A: grupo de jogadores; 3T: membros da comissão técnica; 3A1 a 3An: jogadores da equipe; 4A: características internas de cada jogador. Adaptado de Lebed (2007).

Lebed (2007) indica a necessidade da criação de uma teoria dos ECIs, na qual futuros trabalhos possam ser contextualizados. Isto requer um entendimento de como o modelo é aplicado nos jogos e nas demais etapas do processo de preparação de uma equipe. A observação do autor foi realizada em uma época na qual os estudos anteriores sobre o tema das etapas do processo competitivo apenas indicaram a existência de fases tais como planejamento, treinamento e jogo (LAMES, 2006) ou apresentaram sistemas de documentação de informações de cada uma dessas fases (PÉREZ et al., 2003). Entretanto, a integração entre as etapas de preparação da equipe e o processamento das informações armazenadas para favorecer a tomada de decisão do técnico não havia sido estabelecida. Segundo Lamas et al. (2014), há uma sequência de etapas no processo de preparação da equipe. Primeiro, o treinador modela a forma com que a equipe deve atuar em quadra por meio do desenho da estratégia. Segundo, esta estratégia deve ser aprendida nas sessões de treinamento para uma melhor aplicação nos jogos. Terceiro, após os jogos, os conteúdos planejados devem passar por uma avaliação para compreender o que deu certo ou o que precisa melhorar. Finalmente, com base nestas análises, alguns ajustes podem ser feitos tanto na estratégia quanto nos treinamentos. Portanto, diante do exposto, é possível modelar as etapas de preparação da equipe em: i) planejamento da estratégia; ii) aprendizado da estratégia por parte dos jogadores nos treinamentos; e iii) execução da estratégia nos jogos (LAMAS et al., 2014). A seguir, cada uma destas fases será detalhada.

3.1.1 Modelagem da estratégia

Durante o jogo, as equipes mantêm uma relação de oposição indicada pela posse ou não da bola, dividindo suas funções em ataque e defesa. No ataque, a equipe deve conservar a bola, mover-se ao campo adversário e tentar uma finalização. O êxito ou falha na tentativa de marcação do ponto produz uma alternância da posse de bola, reconfigurando o time para a posição de defesa. Na defesa, a equipe procura proteger sua meta, retardando ou evitando a aproximação do adversário, para finalmente, investir na retomada da bola (BAYER, 1986). Esta alternância entre posses ocorre durante toda a partida. Do ponto de vista do resultado, a probabilidade de sucesso sobre o oponente está relacionada a sinergia das ações individuais, grupais e coletivas dos jogadores (LEBED, 2007; LAMES, 2006; GREHAIGNE; BOUTHIER; DAVID, 1997), principalmente, quando estes dispõem de um plano de ação coletivo (i.e., rotinas “condição-ação” pré-definidas) revelando a capacidade de atuar de forma colaborativa em comparação à outra equipe que tenha sua atuação centrada em ações individuais (WARD; ECCLES, 2006). Segundo Lamas et al. (2014), Gréhaigne e Godbout (1995), o conjunto de especificações concebidas para dar suporte às ações coletivas dos jogadores de uma equipe é definido pelo conceito de estratégia.

A palavra estratégia tem origem do grego *strategós* (de *stratos*, exército, e ago, liderança), significando a arte do general. E a palavra tática deriva de *taktikeé*, advinda do verbo *tasso*, que significa organizar as tropas (SAMPEDRO, 1999; RIERA, 1995). Nos ECI, a estratégia tem função semelhante às batalhas. Segundo Lamas (2012, p. 16):

[...] a elaboração de uma estratégia que oriente a tática dos jogadores de uma equipe constitui uma prática frequente, em função das semelhanças desta atividade esportiva com as circunstâncias de uma batalha.

Ainda segundo Lamas (2012), “Assim, como em uma batalha, define-se um contexto no qual a oposição dos objetivos impõe a necessidade de elaboração estratégica e eficiência na tática para aumentar a chance de êxito na disputa”. A tática refere-se às adaptações feitas pelos jogadores quando estes não são capazes de selecionar, no campo estratégico, uma opção pré-determinada. No entanto, quanto mais completa for a estratégia, menos ajustes serão necessários no campo da tática (LAMAS et al., 2014).

Especificamente no Basquetebol, a estratégia é um tema em constante transformação e frequentemente surgem novas situações de ataque e defesa (LAMAS, 2012). Cronologicamente, a estratégia teve um aumento de sua complexidade em função da

própria evolução do esporte (i.e., novas regras adotadas, especialização de funções dos jogadores, condicionamento físico, ritmo de jogo) documentada em dois trabalhos (PHILLIPS; FEDERATION, 1990; BETRÁN; CAMÍ, 1993). Esta complexidade torna as análises de conteúdos estratégicos um desafio contínuo. Estudos buscam identificar padrões de jogo para caracterizar a estratégia e tentar prever chances de sucesso em jogos futuros (SANTANA, 2016). Porém, existem limitações metodológicas decorrentes do fato da maioria das métricas de desempenho serem definidas empiricamente a partir da experiência dos técnicos, necessitando uma maior fundamentação científica (LAMAS et al., 2013). A modelagem da estratégia pode contribuir para a superação dessas limitações.

Nesse sentido, “[...] a estratégia é representada por um conjunto de especificações de ações a serem executadas pelos jogadores, descritas em pontos específicos no tempo” (LAMAS, 2012), sendo representada por sequências de estados subsequentes (LAMAS et al., 2014). De acordo com o modelo, “Um estado é composto por duas estruturas principais: i) estado de movimento; e ii) transformação” (LAMAS, 2012). Ainda segundo o autor:

Um estado é uma ponte que recebe como entrada um estado de movimento, o estado de movimento-entrada, modifica essa entrada pela transformação, que reposiciona e atualiza a dinâmica dos jogadores da equipe, definindo a constituição do estado de movimento subsequente. No estado de movimento-saída são definidas as regiões dos jogadores, suas dinâmicas e a posse e dinâmica da bola. A dinâmica dos jogadores é definida pela dinâmica final da transformação. Além disso, suas regiões são planejadas de acordo com a posição final da transformação (LAMAS, 2012, p. 37).

Nas sequências de estados, uma concatenação ocorre quando o estado movimento-saída de um estado é idêntico ao estado movimento-entrada subsequente, definindo um estado compatível. “Uma estratégia é composta por um conjunto finito de estados e conexões entre pares de estados compatíveis e pode ser representada por um grafo” (LAMAS, 2012). Os nós do grafo representam os estados e suas arestas são associadas as transições entre estes estados. Quanto a sua execução, um grupo de jogadores interage para construir a organização coletiva por meio de regras de ação.

Uma regra de ação é definida como uma declaração condicional com a seguinte estrutura “se <condição>, então <ação>”, na qual, a condição é uma interpretação lógica da percepção do contexto pelo jogador e a ação é a especificação de uma ação executada com o objetivo de modificar o contexto (LAMAS, 2012, p. 29).

Ou seja, cada jogador é condicionado a executar uma ação a partir da avaliação de um conjunto de regras lógicas planejadas a cada mudança de estado. Desta maneira, o

controle lógico da dinâmica dos jogadores é feito pelas regras de ação. Ainda de acordo com este modelo, as regras de ação são classificadas em: regras de alto e baixo nível. Uma regra de alto nível controla uma ação de uma habilidade esportiva (e.g., bandeja no Basquetebol) e sua execução é feita a partir de uma sequência de regras de baixo nível (e.g., correr, saltar ou lançar a bola) (LAMAS, 2012). O autor destaca que, no jogo, quando o jogador não dispõe de nenhuma regra de ação previamente definida, uma regra de ação tática é utilizada. No baixo nível, quando não for possível a execução da regra deste nível, uma outra regra do mesmo nível deve ser aplicada. As decisões tomadas pelos jogadores levarão ao próximo estado dentro deste modelo. Este novo estado pode ser uma continuidade da ação (E3) ou uma bifurcação (E2) indicando um novo caminho estratégico (E6) para o desfecho da ação, conforme exemplificado na Figura 2.

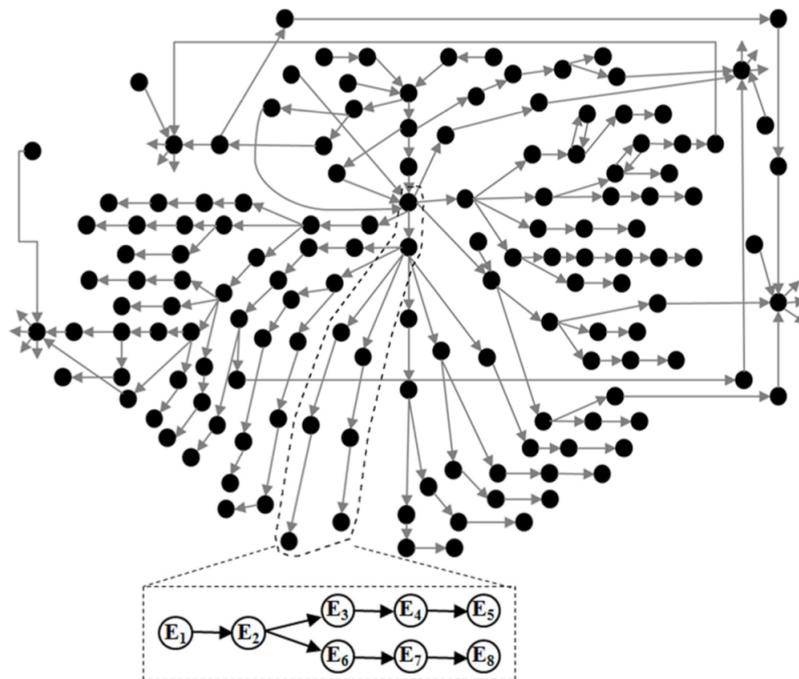


Figura 2 – Grafo da Estratégia destacando as variações do Sistema de Triângulos. Adaptado de Lamas (2012).

A definição de uma estratégia como um sistema dinâmico discreto, com as propriedades acima descritas contribui para a superação do empirismo a partir do qual o tema era tradicionalmente abordado. Além disso, a precisão na definição dos conteúdos auxilia, na prática, as tomadas de decisão sobre como decompor o seu conteúdo ao longo das sessões de treinamento, ensejando maior eficiência no processo de aprendizado da estratégia pela equipe.

3.1.2 Modelagem do processo de treinamento

A literatura apresenta grande quantidade de evidências indicando as possibilidades de modulação de conteúdos de treino relacionados à carga de condicionamento físico (KLUSEMANN et al., 2012b; ALEXANDRE et al., 2012; BRINK et al., 2010). Já, no âmbito dos conteúdos estratégicos e táticos, embora haja estudos que investiguem o processo de planejamento (SANTANA, 2016; LAMAS, 2012; SILVA et al., 2011; SANTANA et al., 2008; MATIAS; GRECO, 2011), há carência de sistematização de conteúdos para composição de sessões de treino. Além disso, a investigação de processos de otimização da distribuição dos conteúdos de treinamento ao longo do tempo é um tema ainda menos estudado.

Os jogadores de uma equipe recorrem à tática quando não possuem, em seu repertório aprendido, regras de ações estratégicas (LAMAS, 2012). Logo, a investigação sobre como distribuir a carga tática no tempo disponível é de extrema relevância para o desenvolvimento do jogo coletivo da equipe, com impacto direto no desempenho (PINTO et al., 2003).

Desta forma, sessões de treinamento bem conduzidas devem ser definidas a partir da referência estratégica, com um conjunto de conteúdos estratégicos, táticos e técnicos alinhados entre si para maximizar o aprendizado das regras de ação que darão suporte ao jogo coletivo. Especificamente para o Basquetebol, foi desenvolvido um modelo estrutural preliminar das cargas de treinamento de conteúdos de estratégia, táticos e técnicos (ETT) (JERÔNIMO et al., 2016) (Figura 3).

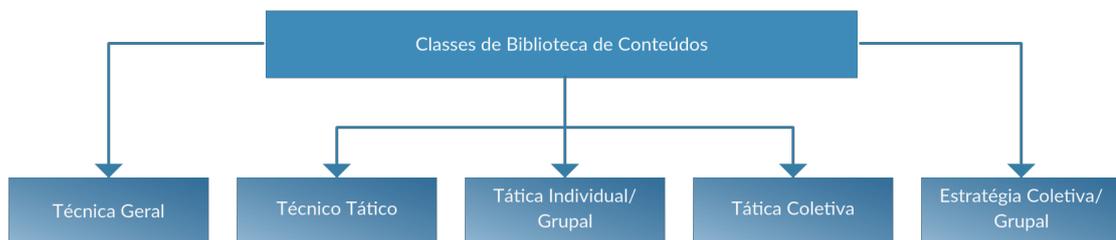


Figura 3 – Classes de conteúdos estratégicos, táticos e técnicos de treinamento no Basquetebol. Adaptado de Jerônimo et al. (2016).

Cada conteúdo definido pelo técnico (e.g., passes, arremessos, 3x0, 5x5) foi associado a uma classe da biblioteca de conteúdos. Esta relação entre conteúdos de treinamentos e classes ETTs, cujo resultado pode ser visto na Tabela 1, tornam viáveis as análises

Tabela 1 – Amostra de conteúdos de treinamentos associados as classes ETTs. Adaptado de Jerônimo et al. (2016).

Classe	Conteúdo
Treinamento técnico geral	Trabalho de pés
Treinamento técnico geral	Arremessos
Treinamento técnico-tático	<i>Picks (on-ball)</i>
Treinamento técnico-tático	<i>Screens (off-ball)</i>
Treinamento tático individual e grupal	Situações de igualdade numérica até 4x4
Treinamento tático individual e grupal	Situações de superioridade numérica
Treinamento tático individual e grupal	Situações de inferioridade numérica
Treinamento tático coletivo	Ataque e defesa em situação de 5x5
Treinamento estratégico grupal e coletivo	Execução de jogadas sem oposição

quantitativas e qualitativas de jogos e treinamentos, diminuindo a subjetividade nos processos de tomada de decisão, além de fornecer um parâmetro de comparação para a investigação de tendências de diferentes técnicos quanto à aplicação de ETT em momentos que antecedem o jogo, ou seja, no planejamento e nos treinamentos.

3.1.3 Modelagem da análise do jogo

O desempenho no jogo representa a culminância do processo de preparação de uma equipe. Logo, é compreensível verificar uma grande quantidade de estudos cujo foco é a análise do que determinada equipe realizou durante a partida. Contribui para isso o aumento da disponibilidade dos dados de jogos para a comunidade científica, acrescido do aumento do número de pacotes estatísticos e de sistemas computacionais para análises de dados massivos visando a detecção de padrões táticos no jogo (COSTA; PIRES; MARINHO, 2017). A detecção desses padrões permite realizar a identificação de estratégias e predição de situações do confronto (SCHUMAKER; SOLIEMAN; CHEN, 2010).

Especificamente no Basquetebol, na perspectiva ofensiva, as ações objetivam a ruptura na defesa adversária, criando espaços vazios para desfecho com maior probabilidade de sucesso. Estas tentativas de criação de espaços, quando organizados em classes de equivalência¹, são definidas como Dinâmicas de Criação de Espaços (DCE) (LAMAS et al., 2011). Os autores validaram as classes DCEs com base nos critérios: i) número de jogadores envolvidos; ii) ações técnicas utilizadas; e iii) contexto de decisão observado, tendo sete classes descritas como resultado: i) desmarque com bola com drible; ii) desmarque com

¹ Classes de equivalência são agrupamentos de ações semelhantes segundo critérios pré-definidos por (LAMAS et al., 2011).

bola sem drible; iii) desmarque sem bola; iv) bloqueio direto; v) bloqueio indireto; e vi) isolamento no poste; isolamento no perímetro. A seguir, a Figura 4 mostra a representação gráfica de cada classe descrita.

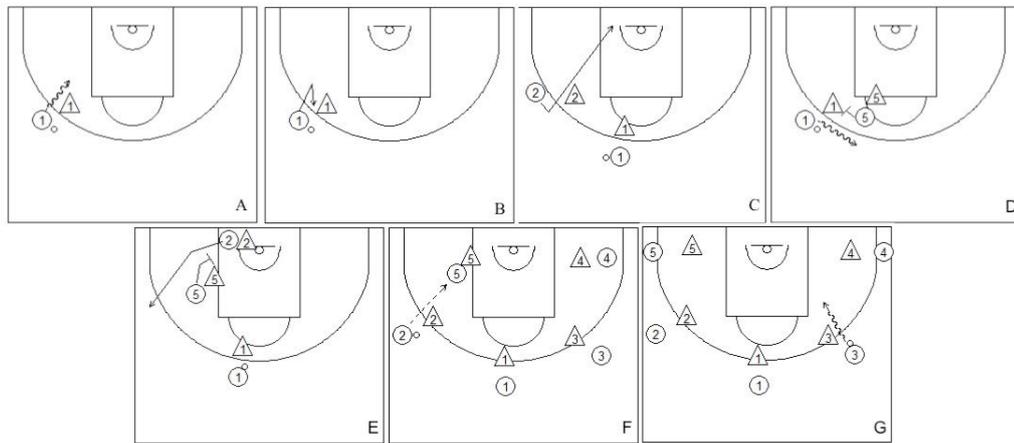


Figura 4 – DCE. a) Desmarque com bola com drible; b) Desmarque com bola sem drible; c) Desmarque sem bola; d) Bloqueio direto; e) Bloqueio indireto; f) Isolamento no poste; g) Isolamento no perímetro. Fonte: (SANTANA, 2016).

De maneira complementar, Santana et al. (2015) validaram ações defensivas denominadas Dinâmicas de Proteção do Espaço (DPE). Segundo os autores, o critério utilizado foi definir a defesa como reativa ao ataque (i.e., uma DPE é executada imediatamente a partir da ocorrência de uma DCE). Dessa forma, as classes defensivas definidas corresponderam a cada uma das classes ofensivas (DCEs). Uma vez que o jogo pressupõe a oposição e decisões são tomadas a partir do comportamento do oponente, a definição das classes defensivas pode contribuir para o aumento da validade da análise, por caracterizar padrões táticos mais detalhados do que quando se avalia apenas o ataque.

A integração destas três etapas descritas (planejamento da estratégia, treinamento, análise do jogo) e as consequências desta integração para o desempenho serão abordadas na próxima subseção do trabalho.

3.1.4 Controle do desempenho de uma equipe de Basquetebol

O controle do desempenho da equipe pode ser monitorado por meio das três etapas da preparação da equipe - especificação da estratégia, treinamento e avaliação do jogo. Conjuntamente, estas etapas definem o ciclo de vida da estratégia (CVE) (LAMAS, 2012), Figura 5.

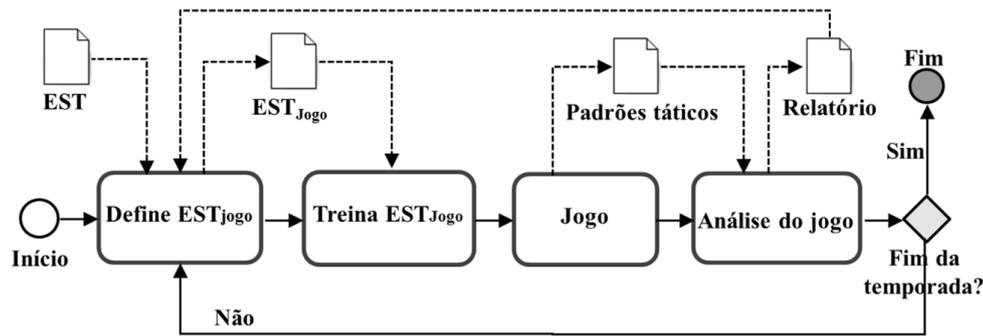


Figura 5 – Ciclo de vida da estratégia, onde retângulos: processos; setas contínuas: fluxo de processos; setas pontilhadas: fluxo de dados; papéis: dados. Fonte: (LAMAS, 2012).

A estrutura do CVE pode ser modelada como um problema de planejamento e controle, no qual uma gestão eficiente das etapas direciona para um melhor desempenho da equipe no jogo. Segundo Dorf e Bishop (2009), um sistema de controle contém componentes interconectados produzindo uma configuração que gerará uma resposta desejada do sistema. Quando há retroalimentação, comparando o resultado de saída com o resultado desejado, o sistema é definido como malha fechada. A título ilustrativo, o primeiro sistema de malha fechada com registros na literatura foi o regulador de boia para nível da água inventado por I. Polzunov em 1765 (DORF; BISHOP, 2009). A boia detecta o nível da água e controla a válvula que veda o orifício de entrada de água. No caso do CVE, a saída desejada provém do desempenho da equipe no jogo. Métricas relativas ao desempenho no jogo devem gerar a retroalimentação necessária para regular a carga de treinamentos e eventuais ajustes nos conteúdos especificados na estratégia, com o objetivo de manter a saída satisfatória.

Nos contextos de prática do Basquetebol, o que se verifica é que por mais que o treinador tenha uma estratégia claramente definida, não existem propostas metodológicas que deem suporte à avaliação da relação entre conteúdos estratégicos, ações treinadas e executadas em jogo. Corroboram com isso o fato dos dados quantitativos dos jogos serem, geralmente, relacionados a eficiências individuais (SPORIŠ et al., 2006) e da equipe (SAMPAIO; LAGO; DRINKWATER, 2010) mas não confrontados com a aderência à estratégia anteriormente definida (LAMAS et al., 2014). Além disso, ficou evidenciada uma lacuna gerada pela falta de um sistema computacional que englobe todas as três fases de preparação de uma equipe (i.e., planejamento, treinamento e jogo) e, principalmente, a integração entre elas. Desta forma, a proposta de desenvolvimento de uma metodologia

integrativa dessas etapas, com uma respectiva implementação computacional é original, tanto pelo desenvolvimento do *software* quanto pela aplicação do modelo formal do CVE na gestão da estratégia no Basquetebol.

3.2 *Softwares* aplicados ao Basquetebol

Esta seção tem como objetivo apresentar as principais contribuições tecnológicas relacionadas a *softwares* para suporte a atuação de técnicos no contexto do Basquetebol.

3.2.1 Fundamentos computacionais

O termo *software* tem origem na palavra *soft*² significando algo suave, leve. Segundo Procter e Ison (1981), um *software* é composto por conjuntos de programas que dizem ao computador (i.e., *hardware*) como fazer um determinado trabalho. Sommerville (2011) afirma que um *software* inclui não só o programa de computador, mas também toda documentação associada (e.g., manuais, especificações e banco de dados), sendo que o programa de computador é seu componente principal construído a partir de uma linguagem de programação. As mais recentes linguagens de programação foram concebidas de forma a serem semelhantes a linguagem natural utilizada pelos humanos (i.e., utilizam caracteres, palavras e expressões de um idioma) (EVARISTO; CRESPO, 2000). A elas dá-se o nome de linguagem de alto nível. Entretanto, computadores foram desenvolvidos para executar instruções escritas em linguagem de máquina, ou seja, linguagem de baixo nível. Em todos os casos, compiladores e interpretadores traduzem do formato de alto nível para o baixo nível antes da execução do programa. Como exemplo de linguagens de alto nível temos: i) *C++*; ii) *C#*; iii) *Delphi*; iv) *Ruby*; v) *Python*; e vi) *Java*. Todas estas linguagens reúnem características comuns como: i) orientação a objetos; ii) portabilidade; iii) acesso a recurso de rede; e, iv) suporte a banco de dados.

Segundo Phillips et al. (2015), um banco de dados é formado por informações armazenadas em um computador com uma estrutura organizada para que possa facilmente ser consultada ou alterada de diversas formas. Para Garcia-Molina, Ullman e Widom (2009), em essência, um banco de dados é uma coleção de informações que existe durante

² “not hard or firm; Soft things, especially parts of body, are not hard or rough and feel pleasant and smooth when touched”. **Cambridge Dictionaries Online**. Disponível em: <<http://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/soft>>. Acesso em: 04 jul. 2017.

um longo período de tempo, muitas vezes por vários anos. Os principais tipos de modelos de bancos de dados, segundo Speelpenning, Daux e Gallus (2001), são: i) modelo em rede; ii) modelo hierárquico; iii) modelo relacional; iv) orientado a objetos; e v) objeto-relacional. Destes, o modelo relacional é atualmente o mais utilizado na construção dos sistemas computacionais e consiste em três classes de objeto: i) entidades; ii) relacionamentos; e iii) atributos (TEOREY et al., 2011). Para Ramakrishnan e Gehrke (2008), suas principais vantagens são: i) representação simples: o conjunto de dados é visto como tabelas com operações baseadas na álgebra relacional (e.g., projeção, produto cartesiano, seleção, junção, união e subtração); e ii) facilidade de consulta: todas as manipulações dos dados (i.e., criação, alteração, exclusão e consulta) são implementadas a partir de uma linguagem específica de alto nível conhecida como *Structured Query Language - SQL*.

Até aqui, já se pode concluir que a construção de um *software* envolve uma complexidade maior do que a simples codificação de instruções dadas ao computador. Este processo de construção e manutenção de um *software* é regido pela Engenharia de *Software*. De acordo com Bauer (1969), Engenharia de *Software* é o estabelecimento e o emprego de sólidos princípios de engenharia a fim de se obter um *software* de custo razoável, confiável e eficiente. Já, Sommerville (2011) define Engenharia de *Software* como uma disciplina que se ocupa de todos os aspectos da produção de um *software*. O mesmo autor destaca que para cumprir este objetivo, um processo de *software* se faz necessário empregando quatro atividades fundamentais: i) especificação: funções de um *software* e suas restrições; ii) projeto e implementação: produção do *software* de acordo com suas especificações; iii) validação: garantia de que o desejo do cliente foi atendido pelo *software*; e iv) evolução: o *software* deve evoluir para atender as mudanças futuras e necessárias (Figura 6). A seguir é apresentado o detalhamento das tarefas das atividades Especificação, Projeto/Implementação e Validação dentro da disciplina Engenharia de *Software*.



Figura 6 – Ciclo de desenvolvimento de *software*. Adaptado de Sommerville (2011).

A Especificação de *Software* tem uma importante tarefa que ajuda a entender como o sistema deve funcionar. A análise de requisitos cumpre este papel por meio de observações dos sistemas existentes e de identificação das necessidades do usuário. Segundo Sommerville (2011), esta etapa pode envolver a criação de protótipos de *software*³. De acordo com Dennis, Wixom e Roth (2008), a prototipação facilita o entendimento do usuário e fornece um rápido *feedback* das possíveis modificações ou implementação de novos requisitos.

A atividade Projeto e Implementação dispõe de uma tarefa que deve ser realizada no início da construção de um sistema. O projeto de arquitetura está focado em como um *software* deve ser estruturado (SOMMERVILLE, 2011), garantindo a integração dos módulos do sistema, reutilização dos componentes desenvolvidos e armazenamento dos estados resultantes de cada interação. Para este propósito, o padrão *Model-View-Controller* (MVC) (MAVERICK, 2016) organiza a aplicação em camadas dividindo-a em: i) *Model*: nesta camada são definidas as regras de acesso e manipulação dos dados, que normalmente são armazenados em bases de dados; ii) *View*: camada responsável por gerar a forma como a resposta será apresentada, página *web*, formulário, relatório; e iii) *Controller*: camada responsável por responder aos pedidos por parte do usuário.

³ Simulação das telas do sistema, construído a partir de rascunhos, imagens ou até implementação de sistema, em que o usuário pode pré-visualizar o sistema antes da fase de implementação.

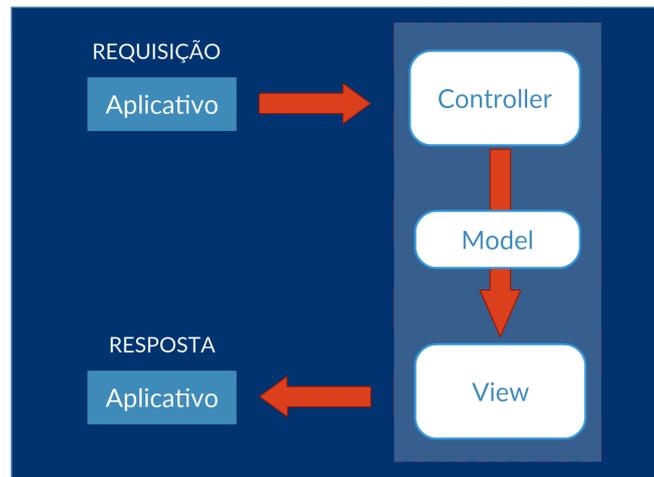


Figura 7 – Modelo do padrão de arquitetura MVC que define a divisão de uma *software* em três componentes: Modelo, Visão e Controle. Fonte: Adaptada de Maverick (2016).

Antes da implantação do *software*, a execução do processo de validação é fundamental para a garantia da qualidade do *software* em desenvolvimento (SOMMERVILLE, 2011). Testes devem ser feitos como o objetivo de: i) Mostrar a ambos desenvolvedor e cliente que o *software* atende a todos os requisitos planejados; e ii) Antecipar a situações de comportamento incorreto ou divergente do planejado. Para cumprir estes objetivos, categorias de testes devem ser consolidados em um Plano de Testes e aplicados de acordo com cada etapa de desenvolvimento do *software*. As principais categorias de testes são: i) Teste de verificação: checar se o *software* atende aos requisitos; ii) Teste unitário: testar os componentes do *software*; iii) Testes de componentes: verificar se a interface de componente se comporta conforme projetado; Teste de sistema: compreende a integração de componentes e interfaces validando uma versão do *software*.

Outra importante definição para a implementação de um *software* é a escolha do ambiente de desenvolvimento de *softwares*. As ferramentas onde o código-fonte é escrito, testado e distribuído pode trazer ganhos significativos a esta etapa. Aspectos gerais como: tipo do *software* e suas características, linguagem de programação, plataformas final de execução (e.g., computadores, celulares, óculos), auxiliam na adoção de uma ferramenta de programação disponível no mercado.

A ferramenta de desenvolvimento *Unity*⁴, tela principal mostrada na Figura 8, dá suporte a portabilidade para dispositivos móveis, manipulação de objetos gráficos (e.g., tratamento de colisões, física de objetos e efeitos gráficos), captura de eventos do *mouse*

⁴ *Framework* criado pela *Unity Technologies* para desenvolvimento de jogos 2D e 3D.

ou *touch*, a uso de linguagens orientada a objetos e mantém em um único código-fonte, produtos gerados para mais de 28 plataformas diferentes (UNITYTECHNOLOGIES, 2017), entre elas: Windows[®], Mac[®], Android[®], iOS[®], *Web*, TVs, Playstation[®] e Xbox[®].

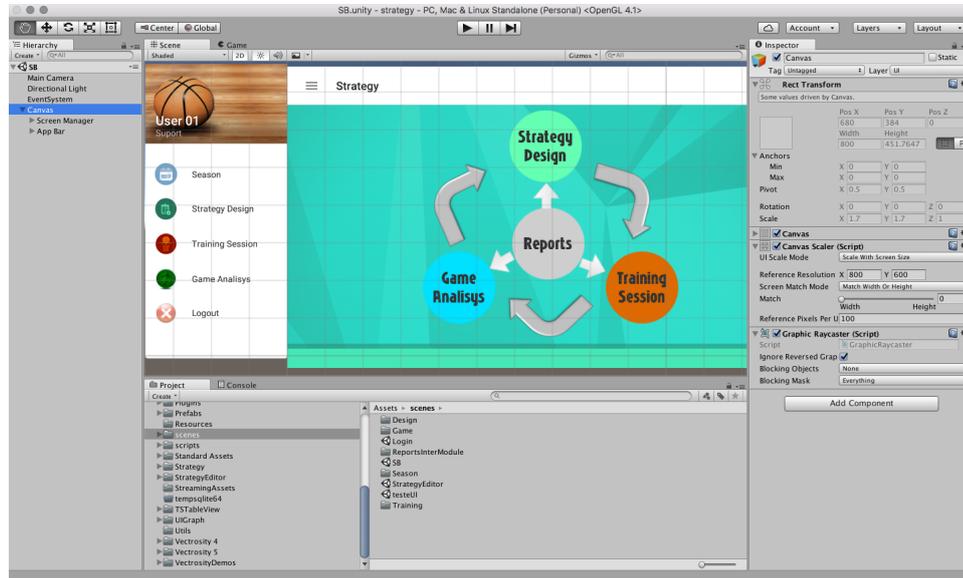


Figura 8 – Tela principal do *Unity3D*[®].

Ainda como parte do processo de desenvolvimento de *software*, de acordo com Sommerville (2011), processos que planejam especificar completamente os requisitos, projetar, construir e testar, não responderão a tempo as novas oportunidades e novos mercados, a mudanças na economia e as inovações dos concorrentes. É necessário um processo rápido e que controle a qualidade dos artefatos gerados. Nas metodologias tradicionais de desenvolvimento, mantêm-se o foco na geração de documentação sobre o projeto e no cumprimento rígido de processos. Por outro lado, os métodos ágeis de desenvolvimento buscam entregar valor aos usuários do sistema de maneira rápida por meio de versões cada vez mais abrangentes, resultantes de iterações curtas e validadas a partir das necessidades apresentadas a cada reunião de definição (SCHWABER; SUTHERLAND, 2013). Este método segue valores declarados no manifesto ágil⁵: i) pessoas em vez de processos; ii) produtos que realmente funcionem em vez de documentação dizendo como o produto deveria funcionar; iii) trabalhar com os clientes em vez de negociar com eles; e iv) responder às mudanças em vez de seguir um plano. Todas estas técnicas e soluções apresentadas, contribuem para implementar sistemas de acordo com suas especificações gerais e especificidades de cada área de aplicação. Isto também se aplica a soluções criadas

⁵ O Manifesto Ágil: é uma declaração de valores e princípios que fundamentam o desenvolvimento ágil de *software*.

para o Basquetebol. Por este motivo, detalharemos estas particularidades na próxima subseção.

3.2.2 Características e Funcionalidades de Softwares no Basquetebol

Os *softwares* desenvolvidos para suporte à gestão da preparação da equipe no Basquetebol mantêm algumas características básicas em comum, tais como: i) armazenamento dos conteúdos criados; ii) *interface* intuitiva; e iii) consulta aos conteúdos produzidos.

O uso de banco de dados para armazenamento dos conteúdos gerados pelos usuários é de grande importância para todos os *softwares* aplicados ao Basquetebol. Mesmo em diferentes áreas de atuação (i.e., gestão do time, apoio à contratação de jogadores, desenho de estratégias, planejamento de treinamentos, anotação de dados de jogos), persistir informações favorece a personalização do conteúdo, o seu compartilhamento e a viabilidade de consolidar e transformar dados em informação útil para a tomada de decisão (SILBERSCHATZ; KORTH; SUNDARSHAN, 2016).

Sobre a *interface* com o usuário, nos últimos anos, a construção de *softwares* tem evoluído para gerar sistemas cada vez mais intuitivos e com *layouts* padronizados (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015; GOOGLE, 2014). Novas tecnologias e o surgimento de aplicativos para dispositivos móveis tem contribuído para a melhoria da usabilidade de *software*. Este resultado contribui para: i) um rápido aprendizado; melhora da produtividade; menor índice de erros e satisfação no uso do *software*. Nos sistemas de apoio ao Basquetebol, a *interface* com o usuário tem mantido esta evolução, aproximando, cada vez mais, a experiência de uso da tecnologia com as situações reais em quadra. Especificamente em sistemas de desenho de estratégias, a velocidade de desenho tem sido um fator crucial para adesão de uso destes sistemas. Técnicos tem encontrado, cada vez mais, soluções que minimizam o tempo dedicado a estas tarefas computacionais, propiciando mais dedicação a ações que envolvem diretamente os atletas em quadra.

Finalmente, as consultas dos conteúdos gerados por estes sistemas possibilitam o acesso as informações relevantes ao processo de tomada de decisão por parte dos técnicos e equipes de apoio. O uso de *softwares* que gerenciam todo o calendário de eventos de um time, pode auxiliar na obtenção de informações voltadas ao planejamento da equipe. Como também a utilização de sistemas auxiliam na captura de dados estatísticos de jogo, contribuem com gráficos, relatórios e sumários de desempenho dos atletas ou da equipe.

Neste campo, a estrutura de como os dados são armazenados, a padronização do fluxo e categorização destas informações, ainda são consideradas uma área em desenvolvimento.

Todas estas características comuns são requisitos para o surgimento de funcionalidades específicas para o Basquetebol. A maioria destas soluções contam com: i) diagramas no formato de uma quadra; ii) suporte para exibição de vídeos de jogo; iii) implementação de cadernos de jogadas (i.e., *playbooks*); e iv) componentes e funções como calendários de eventos, montagem de elencos e compartilhamento de informações. Na próxima subseção, as características e funcionalidades até aqui expostas serão descritas em um contexto aplicado. Apresentaremos como o suporte computacional auxilia na automação de tarefas aplicadas ao esporte. Em seguida, aprofundaremos nas soluções de *softwares* e aplicativos existentes para o Basquetebol identificando suas especialidades, características e lacunas existentes.

3.2.3 Implementações de *Softwares* no Basquetebol

O suporte computacional à prática esportiva vem progressivamente contribuindo para a melhoria do desempenho em diversos níveis: i) atletas - monitoramento do desempenho individual de atletas (ELECTRO, 2018), no tratamento e detecção de lesões (ZELIČ et al., 1997); no aprendizado de exercícios de cada modalidade (FREE SPORT, 2015b); ii) técnicos - na definição da estratégia (TEMMA SOFTWARE, 2012), no planejamento dos treinamentos e no suporte a decisões dentro e fora de quadra (SAS, 2018); iii) gestores - na gestão das equipes; nas contratações; na administração do negócio (STARLING, 2018; INDEXSYSTEMAS, 2018); e iv) fãs e público geral - no acompanhamento detalhado de seus times e ídolos, no acesso as estatísticas e outras informações, jogos (TECH, 2018; CANADADROID, 2018; 4TAPS, 2018). Em todos os casos, sistemas computacionais são desenvolvidos para automatizar tarefas, resolver problemas nos quais o desempenho humano seria inferior, além de produzir e armazenar dados que se tornam disponíveis para análises futuras.

Nos esportes coletivos, diversos avanços tecnológicos tais como reconhecimento de padrões por imagens (OHNO; MIURA; SHIRAI, 2000), óculos de realidade aumentada, simuladores virtuais (LAMAS; OTRANTO; BARRERA, 2016), técnicas avançadas de mineração de dados (SCHUMAKER; SOLIEMAN; CHEN, 2010) e uso de sensores são utilizados para resolver problemas ligados a análises de padrões táticos (WEI et al., 2013),

predição de vitórias (CHESHIRE; HALASZ; PERIN, 2015), controle do condicionamento físico dos atletas (HALSON, 2014), análises de vídeo (KLUSEMANN et al., 2012a), dentre outros.

No Basquetebol, alguns *softwares* ou aplicativos atuam somente na etapa de desenho de estratégias fazendo o papel de pranchetas virtuais (JES-SOFT, 2015; CANICA, 2012; SOUKUP, 2016). Outros vão além, salvando os exercícios criados em banco de dados. O aplicativo *TacticalPad Basketball* (TEMMA SOFTWARE, 2012), guarda os diagramas desenhados no formato imagem ou pdf e armazena as informações sobre a formação do time de forma mista estruturada e semiestruturada. Já, o *BasketBall Board for Basket Coaches* (IDEAS, 2015), implementa um *playbook* dos diagramas para organização das jogadas. Diferentemente, *Basketball Coaching* (EUROPE, 2016) apresenta a mesma informação sobre jogadas, mas em estruturas de pastas de arquivos. Finalmente, *Basketball Coach* (CANICA, 2012) avança na estruturação da informação quando associa os diagramas a tipos de exercícios previamente cadastrados. Ou seja, não há um padrão de estrutura definido tanto para o modelo do banco de dados, quanto para o tipo de informação manipulada.

Já para a fase de treinamento, os aplicativos mais comuns são voltados para uso do jogador com o intuito de melhorar seu desempenho a partir de vídeos de jogadas e exercícios (FITIVITY, 2014; FREE SPORT, 2015b; FREE SPORT, 2015a; LLC, 2016).

Finalmente, a maioria dos *softwares* e aplicativos que tratam os dados de eventos ocorridos nos jogos se diferenciam pela criação automática de *highlights* do jogo e apresentação de gráficos consolidados a partir dos dados anotados da partida (FOCUS, 2003). Porém, embora estes *softwares* permitam a coleta de eventos referentes à eficiência individual e da equipe (e.g., pontos, assistências, arremessos, dinâmicas de criação e proteção de espaços) (SPORTS, 2003b; PPNDRD, 2017; HAYAVA, 2012; ORTIZ, 2016; APPTIMIZED, 2016; SCOUT, 2013; COACH TOOLS, 2015; BLACKBELT, 2011; BASKETBALL, 2013; TURBOSTATS, 1992), nenhum deles conecta as informações do jogo com a estratégia ou treinamento da equipe.

Abordando mais de uma fase de preparação de uma equipe, dois *softwares* se destacam. O primeiro, *PYC-Basket* (PÉREZ et al., 2003) relaciona os conteúdos planejados com os mesmos conteúdos realizados nos treinos. A Figura 9 mostra um *print screen* da tela principal de planejamento de treinos com possibilidade de adicionar situações de ataque e defesa. Os autores deste sistema destacam o relatório que confronta os conteúdos

que o treinador havia planejado e os que foram finalmente praticados nos treinos conforme mostrado na Figura 10.

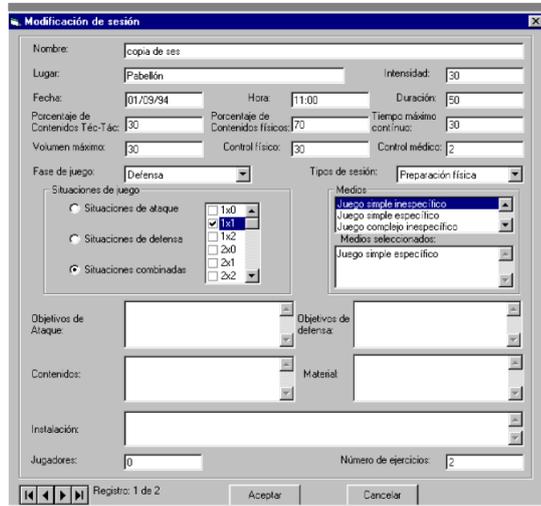


Figura 9 – *PYC-Basket* - Captura da tela de gestão do treino. Fonte: (PÉREZ et al., 2003).

Medios Sesión	min	Teóricos %	Teórico min	Reales %	Real Desviación (%)
Competición	0	0,00	0	0,00	0,00
Deporte	0	0,00	0	0,00	0,00
Ejercicio de aplicación complejo	0	0,00	0	0,00	0,00
Ejercicio de aplicación simple	0	0,00	0	0,00	0,00
Juego complejo específico	16	17,58	22	26,83	9,25
Juego complejo inespecifico	20	21,98	20	24,39	2,41
Juego simple específico	30	32,97	15	18,29	-14,67
Juego simple inespecifico	25	27,47	25	30,49	3,02
Predeporte	0	0,00	0	0,00	0,00
Práctica mental	0	0,00	0	0,00	0,00

Figura 10 – *PYC-Basket* - Captura da tela de comparação entre o planejamento com a real prática nos treinos. Fonte: (PÉREZ et al., 2003).

O segundo *software* chamado *BasketStar 5* (FUTURSPORTS, 2017), engloba as fases de treinamento e jogo. Além de outras funções, com este sistema é possível planejar sessões de treino, como indicado na Figura 11.



Figura 11 – *BasketStar 5* - Captura da tela de planejamento de treinos. Fonte: futursports (2017).

Na etapa relacionada ao desempenho da equipe no jogo, o *software* permite a anotação de eventos da partida conforme mostrado na Figura 12. Porém, uma limitação é a diferença entre o conteúdo anotado em jogo e conteúdo aplicado nos treinamentos, dificultando análises diretas entre estas duas fases do processo de desempenho.



Figura 12 – *BasketStar 5* - Captura da tela de anotação de jogos. Fonte: futursports (2017).

Em síntese, os *softwares* ou aplicativos disponíveis no mercado tratam isoladamente cada fase do desempenho de uma equipe, ou no máximo, duas destas fases mas com pouca integração e retroalimentação. Além disso, percebe-se que as informações são registradas de forma não integrada, em vários meios físicos de armazenamento, em diversos *softwares* ou aplicativos que não se integram.

3.2.4 Técnicas computacionais para obtenção e análises de novos dados no Basquetebol

Para controlar todo o processo preparatório de uma equipe, o técnico precisará planejar, selecionar, registrar, guardar, tratar e interpretar toda informação inerente ao processo. Embora, já existam soluções computacionais para auxiliá-lo neste desafio, somente com este registro sistemático e abrangente de toda informação gerada em cada etapa do CVE é que pode-se saber como, de fato, o processo preparatório se dá (i.e., qual planejamento, “o que” treinam e “como” jogam). É necessário viabilizar uma forma de coleta deste tipo de dado integrado para, em seguida, utilizar técnicas avançadas capazes de manipular este tipo de dado, que até então, ainda não foi estruturado e integrado justamente pela dificuldade de obtenção desta informação. Estas técnicas fazem parte do processo de descoberta de conhecimento, cujo objetivo é descobrir informações úteis descritas em forma de padrões envolvendo áreas do conhecimento da Matemática, Estatística e Computação.

A Descoberta de conhecimento em bases de dados, conhecido com *Knowledge Discovery in Databases* (KDD), é um processo de busca e extração de conhecimento em bases de dados. Segundo Fayyad et al. (1996),

O KDD é o processo não trivial de identificar padrões válidos, novos, potencialmente úteis e, em última instância, compreensíveis em dados. (FAYYAD et al., 1996, p. 82).

O KDD é composto das seguintes fases: i) seleção: itens de um banco de dados são escolhidos para o processo de descoberta do conhecimento; ii) pré-processamento: fase responsável pela limpeza dos dados como remoção de dados redundantes e registros incompletos, identificação de inconsistências ; iii) transformação: união de dados de mais de uma origem e armazenamento em formato apropriado para as análises; iv) *data mining*: exploração e análise automática ou semiautomática; v) interpretação/avaliação: uso de técnicas diferentes para interpretar e avaliar os resultados encontrados (Figura 13).

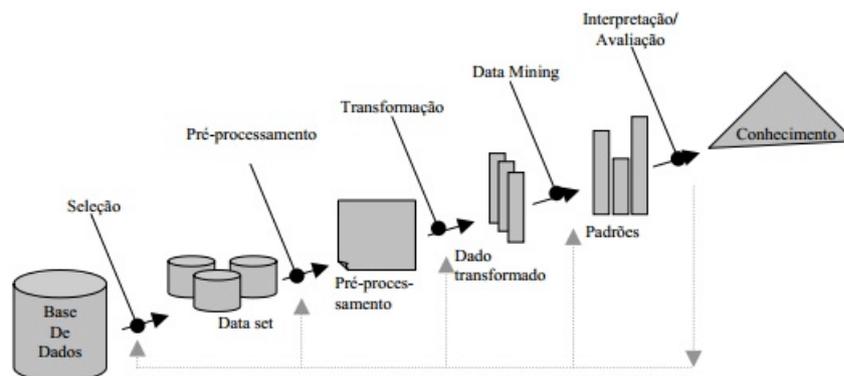


Figura 13 – Figura representando o processo de KDD. Adaptador de Fayyad et al. (1996).

Segundo Elmasri e Navathe (2011) o propósito do *data mining* pode envolver tarefas como:

1. identificação: padrões de dados para identificar um item, um evento ou uma atividade em um conjunto de dados. Por exemplo no Basquetebol, identificar jogadores que se destacam da média estatística dos demais jogadores.
2. classificação: particionamento de dados para identificar diferentes classes ou categorias. Por exemplo, agrupamentos de jogadores considerando os dados de desempenho em quadra.
3. otimização: otimizar o uso de recursos limitados para maximizar as variáveis de saída sob um conjunto geral de restrições. Por exemplo, planejamento de sessões de treinamento em um tempo finito.

4. predição: verificação como certos atributos dos dados irão se comportar no futuro. Por exemplo, predições de lesões dos jogadores.

Para realização destas tarefas diversas técnicas são utilizadas. De acordo com Han, Pei e Kamber (2011), não há uma técnica que solucione todos os problemas relacionados ao *data mining*. Cada técnica deve ser relacionada ao conhecimento que se deseja obter e ao tipo de dado no qual será aplicada. A seguir apresentaremos algumas técnicas comuns a resolução de problemas no escopo do *data mining*.

Regras de associação

A técnica de regras de associação é uma das mais populares técnicas de *data mining*. Há uma grande aplicabilidade mesmo por não peritos da área (HIPP; GÜNTZER; NAKHAEIZADEH, 2000). Um exemplo de aplicação é a resolução de problemas de *market basket analysis* (i.e., um cliente que compre um produto X, tem probabilidade C% de comprar o produto Y). Esta análise parte da expressão $X \Rightarrow Y$, onde X e Y são itens de uma transação e o símbolo “ \Rightarrow ” indica a presença de Y quando existir X em uma transação. Dentre outras métricas, os pontos de corte mínimos de *Suporte* e *Confiança* são os mais comuns para medir a qualidade de uma regra. O *Suporte* refere-se ao número de transações(T) em que X e Y ocorrem pelo total de transações (1). Já a *Confiança* representa o número de transações em que X e Y ocorrem pelo total de ocorrências de X (2). (GYÖRÖDI; GYÖRÖDI; HOLBAN, 2004).

$$Suporte = \frac{Frequencia\ de\ X\ e\ Y}{Total\ de\ T} \quad (1)$$

$$Confiança = \frac{Frequencia\ de\ X\ e\ Y}{Frequencia\ de\ X} \quad (2)$$

No Basquetebol esta técnica pode ser usada para identificar padrões de exercícios presentes nas sessões de treinamento. No jogo, pode ser útil para identificar relações entre jogadas, por exemplo, do segundo quarto de jogo com base nos dados de jogadas do primeiro quarto e de jogos anteriores.

Árvore de decisão

Árvore de decisão é uma representação em forma de árvore com objetivos tanto para modelagem descritiva quanto para preditiva. Seus elementos básicos são: i) nós de

decisão: contém um teste “Se..Então” sobre algum atributo; ii) ramos: correspondem aos possíveis valores dos atributos e iii) folhas: corresponde a uma classe de atributos(GAMA, 2002). A Figura 14 mostra um exemplo da aplicação de uma árvore para classificar o estado do paciente em uma consulta médica.

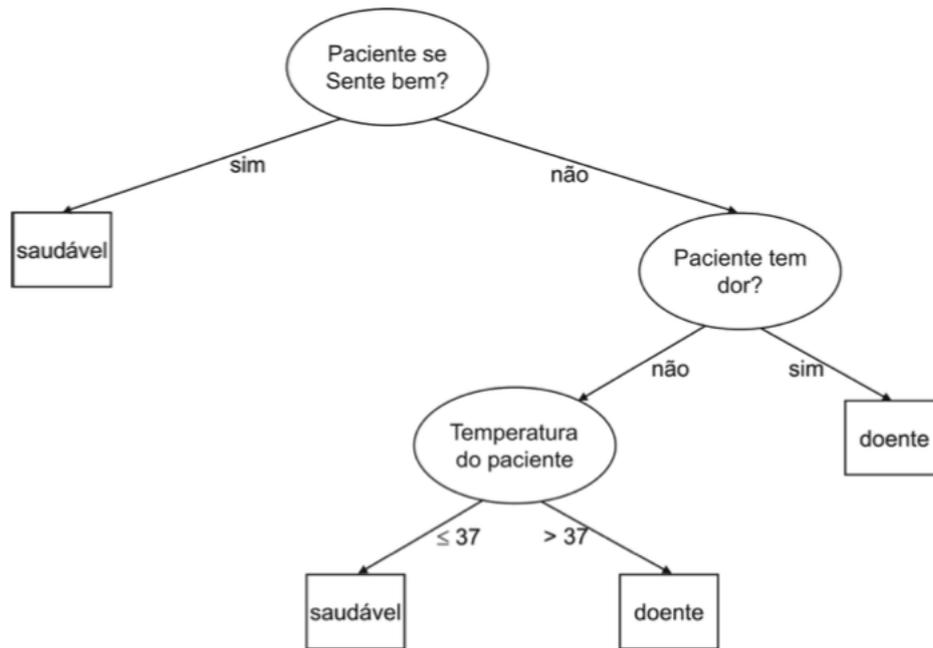


Figura 14 – Árvore de decisão para o diagnóstico de um paciente. Fonte (GAMA, 2002).

Árvore de decisão é uma alternativa para reconhecer padrões na tomada de decisão das posses de bola no Basquetebol. Também podem ser utilizadas como uma técnica, dentre outras, para predição dos desfechos de cada posse de bola no jogo.

Programação Linear - Otimização

Alguns autores tratam a tarefa de otimização como base para análises prescritivas. Evans e Lindner (2012) diz que “A análise prescritiva usa otimização para identificar as melhores alternativas para minimizar ou maximizar algum objetivo”. A programação linear usa modelos matemáticos para resolver problemas de otimização limitados a alguma restrição. O autores Hillier e Lieberman (2013, p. 20) afirma que:

A palavra programação, neste caso, não se refere à programação de computador; ela é, essencialmente, um sinônimo para planejamento. Portanto, a programação linear envolve o planejamento de atividades para obter um resultado ótimo, isto é, um resultado que atinja o melhor objetivo especificado (de acordo com o modelo matemático) entre todas as alternativas viáveis.

A programação linear tem aplicação ampla em diversos setores como: i) logística de frotas e rotas; ii) mistura de ligas metálicas nas indústrias siderúrgicas; iii) otimização do processo de cortagem de forma geométricas; iv) melhor escolha de investimentos; v) alocação de recursos; vi) localização industrial, entre outros (PRADO, 1998). No Basquetebol, pode ser aplicado no planejamento de sessões de treinamento a partir de dados históricos de toda temporada.

No próximo capítulo, serão definidas as etapas para esta pesquisa, incluindo a estratégia da implementação do sistema a partir do modelo do CVE e os métodos computacionais empregados.

4 Metodologia

O trabalho foi sub-dividido em três etapas interligadas. A primeira etapa foi de detalhamento do modelo do CVE, em cada uma de suas etapas, e da conexão entre elas. A segunda etapa foi de elaboração de um sistema computacional para implementação do CVE. E, finalmente, a terceira etapa foi de experimento, com o uso do sistema computacional para coletar dados do CVE de uma equipe de Basquetebol. Os dados coletados referentes a cada etapa do CVE foram utilizados para analisar a eficiência do processo de preparação de uma equipe.

4.1 Detalhamento do CVE

O detalhamento da estrutura do CVE e de suas retroalimentações é um requisito fundamental para a sua implementação computacional. Por detalhamento compreende-se a definição de sua estrutura, em cada uma de suas etapas, com mais resolução do que previamente apresentado (LAMAS et al., 2014). Com este detalhamento é possível definir o escopo, a arquitetura geral e classes de informações a serem empregadas no sistema.

4.1.1 Desenho da estratégia

O desenvolvimento da etapa de desenho da estratégia foi baseado na estrutura do modelo de estratégia definido anteriormente (LAMAS et al., 2014). De acordo com este modelo, uma estratégia é compreendida como um sistema dinâmico discreto, no qual um estado corresponde ao conteúdo de um segmento de uma jogada e a transição entre estados corresponde ao avanço dos jogadores de um segmento a outro da jogada (LAMAS et al., 2014). As ações dos jogadores em cada segmento (i.e., cada estado) são especificadas por regras de ação individuais. Uma regra de ação é definida como uma expressão lógica com a forma: “se <condição> então <ação>”, na qual se a condição é apresentada ao jogador, ele responde com uma ação correspondente. As regras de ação individuais em um estado definem as unidades estratégicas desse estado. Uma unidade estratégica é constituída por jogadores cujas regras de ação estruturam uma cooperação direta entre eles. Em um bloqueio na bola, por exemplo, dois jogadores cooperam diretamente, definindo uma unidade estratégica.

Na análise do modelo original do CVE constatou-se diferenças no nível de detalhamento de cada uma de suas etapas, sendo a etapa da estratégia a que possuía maior detalhamento. Desta forma, um esforço conceitual foi de adequar a resolução das demais etapas (i.e., treinamento e análise de jogo) ao nível da estratégia de maneira a não haver oscilação na resolução do dado propagado entre as etapas do CVE.

4.1.2 Estruturação do processo de treinamento

O modelo da estratégia contribuiu para abordar o problema da estrutura do processo de treinamento. Para tanto, foi empregado o conceito de decomposição. O processo de treinamento foi definido como um problema de otimização, segundo o qual o conjunto de conteúdos especificados na estratégia deve ser treinado em um período finito, requerendo eficiência na sua decomposição em conteúdos por sessão. Entretanto, o problema de otimização do tempo de treinamento não é restrito a conteúdos estratégicos. Tipicamente, uma equipe realiza em suas sessões de treinamento não apenas as suas jogadas, conforme especificadas nas estratégias, mas também outros conteúdos (e.g., exercícios de 1x1, de arremessos, etc). Assim, para a modelagem do treinamento foi necessário definir de forma exhaustiva o conjunto de categorias de conteúdos treinados. Três técnicos de Basquetebol, de nível internacional, atuaram como consultores no desenvolvimento das categorias de conteúdos. O modelo final foi submetido a estes técnicos para testagem por meio do uso da estrutura de categorias de conteúdos de treinamento junto a suas respectivas equipes. Divergências foram revisadas e critérios de classificação foram aperfeiçoados até a consolidação do modelo por meio de consenso entre os consultores.

4.1.3 Anotador de eventos do jogo

Na terceira etapa do CVE, as dinâmicas de criação de espaço (DCEs) (LAMAS et al., 2015) foram base para o tipo de análise de jogo realizada. As DCEs constituem o conteúdo das unidades estratégicas especificadas na estratégia o que permitiu que nesta etapa fosse seguido o mesmo conjunto de classes de conteúdos das etapas anteriores (i.e., Estratégia e Treinamento). A estrutura de expressões regulares¹ contribuiu para a aplicação do conteúdo das DCEs para o propósito de anotação.

¹ Método formal para sistematizar um padrão de texto para anotação

4.1.4 Retroalimentação

A interação dos conteúdos de cada fase do CVE retroalimenta o sistema, permitindo aperfeiçoá-lo (LAMAS, 2012). A partir da estrutura do CVE, a modelagem da retroalimentação foi abordada por meio da construção de métricas relativas a conteúdos intra- e inter-etapas do ciclo. Por meio dessas métricas, foram avaliadas tendências da conduta do técnico em cada etapa, assim como a eficiência do processo de preparação, tendo como critério o êxito no jogo.

4.2 Estrutura do sistema computacional

A estrutura do sistema foi detalhada nos seguintes tópicos: i) metodologia de desenvolvimento; ii) análise de requisitos; iii) arquitetura; iv) banco de dados; v) ambiente de desenvolvimento; vi) linguagem de programação; vii) testes de *software*; e viii) documentação do código-fonte.

Para o presente projeto, a metodologia ágil para desenvolvimento de *software* (*SCRUM*) (SUTHERLAND, 2016) foi escolhida. Esta metodologia atende de maneira satisfatória as necessidades de desenvolvimento, uma vez que os requisitos do sistema computacional são estabelecidos ou refinados a cada avanço da pesquisa. Isto se dá de forma incremental e preparado para mudanças (KNIBERG, 2007) que podem ser frequentes e esperadas em projetos de natureza científica (BECK et al., 2001).

As técnicas para levantamento de requisitos utilizadas neste projeto foram: i) entrevista com os técnicos ²; e ii) prototipação ³.

O Padrão de arquitetura *Model-View-Controller* (MVC) foi adotado para facilitar a compreensão e manutenção do *software*, robustez, modularidade, segurança da transição de dados e viabilizar a execução em mais de uma máquina. Para maior detalhamento sobre MVC, vide seção *Estrutura do sistema computacional*.

Para implementar a retenção da informação no banco de dados, armazenando todas as entidades importantes (i.e., jogadas, diagramas, ações, conteúdos de treino, eventos

² Técnica utilizado no levantamento de requisitos iniciais ou ainda não foram completamente compreendidos em fases posteriores

³ Simulação das telas do sistema para que o usuário possa verificar interfaces do sistema antes da implementação.

de jogo) em todas as fases do CVE, utilizamos SQLite⁴® por sua fácil configuração, capacidade de armazenamento de forma estruturada (ELMASRI; NAVATHE, 2011), sua facilidade de consulta de dados (i.e., filtros, sumarizações, agregações, tabulação) com auxílio da linguagem SQL e, sua integração com C# usando a biblioteca de consultas a banco de dados *LINQ - Language Integrated Query*.

A ferramenta de desenvolvimento *Unity*® foi adotada como principal ambiente de programação de todo o sistema e sua escolha foi fundamentada nos requisitos de portabilidade para dispositivos móveis e manipulação de objetos gráficos. Além disso, este ambiente suporta programação em três dimensões (3D), dando espaço para implementações futuras de visualização das jogadas e ações definidas na estratégia em um ambiente 3D. O *Unity*® possibilita a programação usando três linguagens: i) UnityScript; ii) C#; e iii) Boo. Optamos pela C#, uma vez que esta linguagem tem ampla documentação disponível, robustez e adota o paradigma de orientação a objetos (KENDAL, 2011).

Com o objetivo de garantir a qualidade do *software*, diversos tipos de testes foram empregados, de acordo com a definição do plano de testes descrito na IEEE 829: i) Teste de unidade; ii) Teste de componentes; e iii) Teste de sistema. Todos estes testes foram conduzidos no contexto da ferramenta de desenvolvimento *Unity*®, utilizando o módulo Unity Test Runner (UNITY3D, 2018). A validação do sistema, incluindo o processo de desenvolvimento, testes de aceitação e validação dos conteúdos produzidos, foi realizada conjuntamente com os técnicos profissionais de Basquetebol, consultores do trabalho.

Toda a documentação do código-fonte foi feita obedecendo o padrão de *tags* recomendadas para a linguagem C# (LIBERTY, 2005). As principais classes e métodos públicos foram comentadas. Foi utilizada a ferramenta *Doxygen* (HEESCH, 2008) para compilar, automaticamente, todos estes artefatos comentados em uma biblioteca de classes e métodos documentados no formato de página *Web*.

Esta abordagem, acima descrita, para desenvolvimento do sistema computacional foi relacionada com a linguagem formal de definição do CVE da seguinte forma.

Para a etapa da estratégia, a estrutura das regras de ações e unidades estratégicas foram utilizadas para a criação do algoritmo de reconhecimento das ações desenhadas pelos técnicos no ambiente do sistema, levando em consideração: i) posição dos jogadores; ii) jogador com a bola; iii) áreas da quadra; iv) ações realizadas. A representação da

⁴ Implementação de um banco de dados relacional embutido, portátil e indicado tanto para aplicações *desktop* quanto para dispositivos móveis

estratégia por meio de um grafo (LAMAS et al., 2014) foi empregada para propiciar a visualização rápida e objetiva da estratégia desenhada. Para viabilizar o uso do sistema pela comunidade de técnicos e permitir a obtenção dos dados de interesse, requisitos adicionais foram considerados: i) ambiente de desenho simulando o realizado em papel (tipicamente utilizado no Basquetebol); ii) velocidade do desenho; iii) desenho das ações relacionando jogadores e o significado apropriado do evento desenhado; e iv) geração de lista de jogadas (i.e., *playbook* do time) com base nos dados armazenados.

Para a etapa de treinamento, foram implementadas funções que pudessem auxiliar no planejamento das sessões de treinamento. Dentre outros: i) criação e manutenção do agendamento das sessões de treino distribuídos ao longo do tempo; ii) criação e manutenção do conteúdo de estratégia, táticos e técnicos para utilização nos treinos; iii) desenho de um diagrama representando uma quadra de Basquetebol; e iv) relatório apresentando todos os treinamentos agendados e realizados a partir de um determinado período.

Para a etapa de análise do jogo, foi utilizada a estrutura de expressões regulares, por meio da composição de símbolos, caracteres com funções especiais para formar uma sequência textual (JARGAS, 2006; GOYVAERTS; LEVITHAN, 2009). Esta linguagem viabilizou a construção de uma interface textual suficientemente ágil e precisa para anotação via teclado das jogadas e ações realizadas pelos jogadores em quadra. A anotação por comando de voz foi descartada por ser incompatível com o objetivo futuro de utilizar o sistema para coleta de dados em tempo real, em quadra, com som ambiente das torcidas. Em testes preliminares, a coleta por atalhos no teclado demonstrou ser suficientemente rápida.

4.3 Experimento

O experimento consistiu no estudo de caso de uma equipe de Basquetebol, cujo técnico utilizou o sistema computacional desenvolvido neste estudo para planejar e registrar os conteúdos estratégicos e de treinamento, assim como realizar a análise do jogo, contemplando as três etapas do CVE. Este uso realizado pelo técnico foi planejado com o intuito de gerar dados suficientes para que a persistência da informação ao longo das fases do CVE fosse verificada, assim como o potencial das métricas para testar a hipótese do estudo segundo a qual deve haver uma relação entre a eficiência do processo de preparação ao longo do CVE e o desempenho no jogo.

4.4 Amostra

A amostra foi constituída por um time de Basquetebol envolvido em processo sistemático de treinamento e participação em campeonatos estaduais e nacionais, na faixa etária de 19 anos. Os dados coletados foram referentes ao desenho da estratégia, treinamentos e análise dos jogos. Uma segunda equipe também esteve envolvida no estudo, tendo fornecido a especificação de sua estratégia ofensiva para a realização de uma análise comparativa desta etapa do CVE.

Para manter o sigilo dos dados cedidos pelas equipes desta amostra, todas as informações que caracterizam as equipes foram removidas ou substituídas por nomes fictícios nas categorias: i) nomes das equipes ; ii) jogadas; iii) ações; e iv) exercícios de treinamento.

4.5 Análise dos dados

A análise dos dados foi sub-dividida em três partes: i) intra-etapa do CVE; ii) inter-etapas do CVE; e iii) comparação preliminar do CVE para diferentes técnicos.

As análises intra-etapa tiveram como base dois níveis de resolução do dado: i) jogadas e ii) ações DCE. A definição destas duas métricas foram dadas pela presença em todas as etapas do CVE, importantes para viabilizar análises que envolvam mais de uma etapa. Procedemos de duas formas. Primeiro, uma análise descritiva objetivando a quantificação dos conteúdos armazenados e coletados dentro de cada etapa. Segundo, fizemos análises de caráter preditivo com o objetivo de compreender padrões estruturais de comportamento dos técnicos para suportar decisões futuras. A seguir as técnicas utilizadas nas análises intra-etapa:

i) Estratégia: frequência de jogadas e DCEs por jogada e totais; topologia do grafo da estratégia: densidade (i.e., a razão entre o número de arestas e de arestas possíveis) do grafo (CSARDI; NEPUSZ, 2006), total de nós, estados e nós de decisão;

ii) Treinamento: nesta etapa, os resultados foram separados em estrutura de treinamento e conteúdo de treinamento. Primeiro, fizemos uma distribuição semanal da frequência de conteúdos de treino de toda a amostra. Depois, utilizamos uma técnica de *Data Mining* conhecida como Regras de Associação, cuja sua implementação indica a probabilidade de que uma grupo de itens apareçam em uma transação a partir do histórico de

outras transações (GONSALVES, 2004). O modelo foi construído com o algoritmo *Apriori* (BRUSSO, 2000) usando o pacote *arules* (HAHSLER et al., 2018) e *arulesViz* (HAHSLER; CHELLUBOINA, 2011). Para as análises de conteúdo, utilizamos duas técnicas: i) para conteúdos estruturados das sessões de treino, usamos o pacote *treemap* (TENNEKES; ELLIS, 2017) para construir um mapa hierárquico de todos os exercícios da amostra; ii) para os demais conteúdos semi-estruturados, utilizamos técnicas de mineração textual e o pacote *wordcloud* (FELLOWS, 2014) para construir uma nuvem de palavras. Além disso, utilizamos uma técnica de Programação Linear (PRADO, 1998) para selecionar dentro do histórico de treinos, o máximo de conteúdo possível de ser treinado em uma janela limitada de tempo. O pacote utilizado foi o *lpSolve* (BERKELAAR, 2015).

iii) Jogo: a primeira análise apresentou resultados descritivos gerais e relacionados com a realização das DCEs: i) total de posses de bola; ii) posses por fase do jogo; iii) Variabilidade Estratégica (i.e., frequências de jogadas no jogo por equipe) e iv) a eficiência de execução das ações DCEs por equipe. O critério para o sucesso das ações foi definido como: i) cestas convertidas; e ii) faltas recebidas. O principal pacote utilizado foi o *ggplot2* (WICKHAM, 2009). Uma segunda análise foi baseada na técnica de árvore de decisão, isto é, mapeamento da relação entre os resultados e uma série de escolhas anteriores (ZELIČ et al., 1997). A técnica foi usada para mapear a estrutura da construção das jogadas até sua finalização. Para isto, usamos o pacote *rpart* (THERNEAU; ATKINSON; RIPLEY, 2018) para o aprendizado e *prp* (MILBORROW, 2018) para a construção visual da árvore.

No nível inter-etapas do CVE, analisamos a interação entre os seguintes pares de etapas: i) Estratégia x Treinamento; ii) Treinamento x Jogo e iii) Estratégia x Jogo.

i) Estratégia x Treinamento: primeiro, computamos as jogadas presentes na estratégia e suas frequências de treinamento. Segundo, calculamos a frequência de ações DCEs na estratégia e nos treinamentos.

ii) Treinamento x Jogo: apresentamos a distribuição dos conteúdos de treino cinco dias antes e depois do jogo. Os exercícios foram agrupados por suas classes de conteúdos e usamos o pacote *ggplot2* (WICKHAM, 2009) para a construção do gráfico. Além disso, analisamos a frequência das jogadas e ações DCEs que resultaram em sucesso e insucesso e suas frequências nas sessões de treinamento anteriores ao jogo.

iii) Estratégia x Jogo: a técnica de mapa de calor para visualização de dados foi empregada sobreposta à representação da estratégia por meio de um grafo, de modo a

indicar a taxa de sucesso de cada jogada da estratégia por meio da coloração de seus respectivos nós no grafo.

Por fim, foi realizada uma análise topológica comparativa dos grafos das estratégias dos dois técnicos de Basquetebol que cederam seus dados para a amostra do trabalho.

Para todas as análises utilizamos as seguintes ferramentas: R[®], *Tableau*[®] e *Exploratory*[®].

5 Resultados

Esta seção apresenta os avanços conceituais no detalhamento do CVE, a estrutura do sistema computacional para implementação do CVE e, por fim, os resultados experimentais deste estudo.

5.1 Aperfeiçoamento do modelo do CVE

A estrutura do CVE pode ser explicada com um sistema de malha fechada e de controle ótimo. Neste último caso, o problema de otimização serve como base a definição do conceito de decomposição. Na decomposição, os conteúdos estratégicos são ajustados ao nível de resolução suficiente para que as jogadas possam ser aplicadas nas sessões de treinamento, delimitando seus objetivos com precisão. O tempo para que estes conteúdos sejam praticados e a eficiência da decomposição depende da otimização da alocação destes conteúdos no período disponível (i.e., maximizar distribuição de conteúdos; minimizar o tempo). Além disso, este processo garante a equivalência dos conteúdos resultantes da saída de cada etapa do CVE, ou seja, os mesmos conteúdos planejados na estratégia podem ser analisados nos jogos e o desempenho em quadra relacionado à frequência com que foram treinados (Figura 15).



Figura 15 – Fluxo do conteúdo equivalente (*Top Key Back Screen*) transitando entre as etapas do CVE.

Do ponto de vista computacional, a implementação deste conceito torna transparente ao técnico todo o processo de decomposição das jogadas desenhadas. Isto é feito com o auxílio de um algoritmo especialmente criado para reconhecimento automático do traçado

do *mouse* ou *touch* e identificação dos elementos estratégicos desenhados. A implementação deste processo automatizado passa pelo armazenamento em banco de dados de todas as ações resultantes e é base para a definição de um outro conceito denominado memória.

Neste contexto, a memória pode ser definida como o registro sistemático e acesso estruturado dos dados relevantes de todo o processo do CVE, com um modelo que permita estabelecer relações entre informações de diferentes etapas do CVE, e com acesso eficiente. Cada fase do CVE gera informação útil como também recebe informações de outras fases. O trânsito destas informações é essencial para a retroalimentação em um sistema de malha fechada. Ajustes na estratégia, na gestão dos conteúdos dos treinos ou até mesmo, dentro da partida acontecerão com frequência durante toda a temporada. Estes ajustes poderão ser moldados a partir da retroalimentação fornecida pela implantação deste modelo. Uma importante consequência da implementação do conceito de memória é a construção evolutiva de uma base histórica de todo processo de preparação de uma equipe ao longo do tempo. Quanto mais temporadas submetidas a este modelo, maior a qualidade da retroalimentação, melhor a possibilidade de detecção de padrões ou anomalias e avaliações entre estilos de técnicos de diferentes equipes.

5.1.1 Evolução do modelo dos conteúdos de treinamento

Uma estrutura preliminar de categorias de conteúdos de treinamento estratégicos, táticos e técnicos (ETT) foi submetida à análise de três técnicos profissionais de Basquetebol. Com base nas considerações dos técnicos, o modelo preliminar foi ajustado e um novo conjunto de categorias foi criado. A Tabela 2 apresenta todas as classes gerais de conteúdos (coluna da esquerda), a fase do jogo a que pertence (ataque ou defesa), a classe secundária e um exemplo de exercício relacionado. Esta nova modelagem foi necessária para a utilização prática do sistema em treinamentos e como resultado das etapas de testes de *software* e validação dos conteúdos expostos.

Tabela 2 – Subconjunto da biblioteca de conteúdos de treinamentos criados a partir da etapa de validação de conteúdo de treinos.

Classe Geral	Fase do jogo	Classe secundária	Exercício
Estratégico Coletivo	Ataque	'Walk-trough' de jogadas	5x0
Estratégico Coletivo	Defesa	'Shell Drill' ajudas e rotações	5x0
Estratégico Grupal	Ataque	ângulos de bloqueios diretos	2x0
Estratégico Grupal	Defesa	Conceito defensivo	2 (referência)x2
Tático Coletivo	Ataque	Transição ofensiva	4x3
Tático Coletivo	Defesa	Transição defensiva	4x4x4
Tático Grupal	Ataque	'Pick and short roll'	2x2
Tático Grupal	Defesa	Ajudas Defensivas	3x2
Tático Individual	Ataque	1x1 sem drible	1x1
Tático Individual	Defesa	Close-out	1x1
Técnico	Ataque	Arremessos	1x0
Técnico	Defesa	deslocamento defensivo	footworks

5.2 Sistema computacional

O sistema computacional criado foi composto de 43 telas de interface com o usuário, um banco de dados com 29 tabelas, 142 classes e *scripts* C# totalizando 26.190 linhas. As principais funções implementadas foram: i) tela de autenticação de usuários; ii) tela de configuração; iii) módulo de desenho de estratégias; iv) módulo de treinamento; v) módulo de anotação de jogo pelo teclado ou por vídeo; e vi) relatórios. Os testes do *software* foram realizados com auxílio de uma ferramenta, integrada ao ambiente de desenvolvimento, para automação dos testes (Figura 16). O *Unity Test Runner* (UNITY3D, 2018) utiliza a biblioteca de teste *open-source* NUnit para C#. A ferramenta dispõe de recursos de identificação das falhas, verificação de assertividade e informações de resumo dos resultados de cada teste. Neste projeto, cada tela foi associada a um *script* de teste criado especificamente para testar: i) integridade dos componentes visuais; ii) testes unitários dos métodos mais críticos; e iii) testes de integração baseados nas mais importantes atividades executadas pelo usuário.



Figura 16 – Tela principal da ferramenta *Test Runner* com a lista de testes por classe. Os itens marcados em vermelho indicam que o teste falhou. A parte inferior indica, entre outras informações, a linha exata onde a falha aconteceu.

A documentação do código-fonte foi gerada utilizando a ferramenta *DoxyGen* a partir dos comentários das principais classes, atributos e métodos públicos do *software* desenvolvido. A Figura 17 exemplifica o formato de documentação da classe de desenho de diagramas *Court*.



Figura 17 – Trecho da documentação do código-fonte da classe de desenho dos diagramas *Court*.

Outros artefatos foram gerados durante o processo de desenvolvimento como: i) diagrama de banco de dados; ii) diagramas de classes; e iii) telas da etapa de prototipação. A seguir, detalharemos os resultado por módulos do sistema.

5.2.1 Módulo de desenho de estratégias

As principais funcionalidades implementadas deste módulo foram: i) desenho das jogadas e ações em um ambiente gráfico representado por uma quadra de Basquetebol; ii) lista de jogadas apresentadas pelo sistema com base nos dados armazenados (i.e., *playbook* do time); e iii) geração de um grafo formado por nós e arestas representando a estratégia do time e suas conexões entre jogadas, estados e transições.

Quanto à interface, o desenhador de estratégias foi construído com o formato de quadra de Basquetebol, (Figura 18). Isto facilita o entendimento de todos os envolvidos. Treinadores estão habituados a desenhar suas jogadas em pranchetas ou em algum *software*. Este ambiente conta com opções de adicionar jogadores do próprio time, jogadores do time adversário e a bola. O desenho é feito com o *mouse* ou *touch*, partindo de um jogador com destino a um outro jogador, uma área qualquer da quadra ou a cesta. Automaticamente, a ação desenhada é nomeada (e.g., passe, deslocamento, bloqueio, arremesso). Em seguida, o algoritmo de reconhecimento de ações DCEs é executado para localizar, dentre todas as ações desenhadas, possíveis ações DCEs (e.g., *down screen*, *pick and roll*, *pick slip*). Sem deixar o ambiente, o treinador pode construir novos diagramas a partir das posições dos jogadores no diagrama anterior, navegar facilmente entre os diagramas já criados, criar novas jogadas derivadas de outras. Todas estas ações são importantes para que o desenho de uma estratégia neste ambiente seja tão rápido quanto o desenho tradicional em papel.

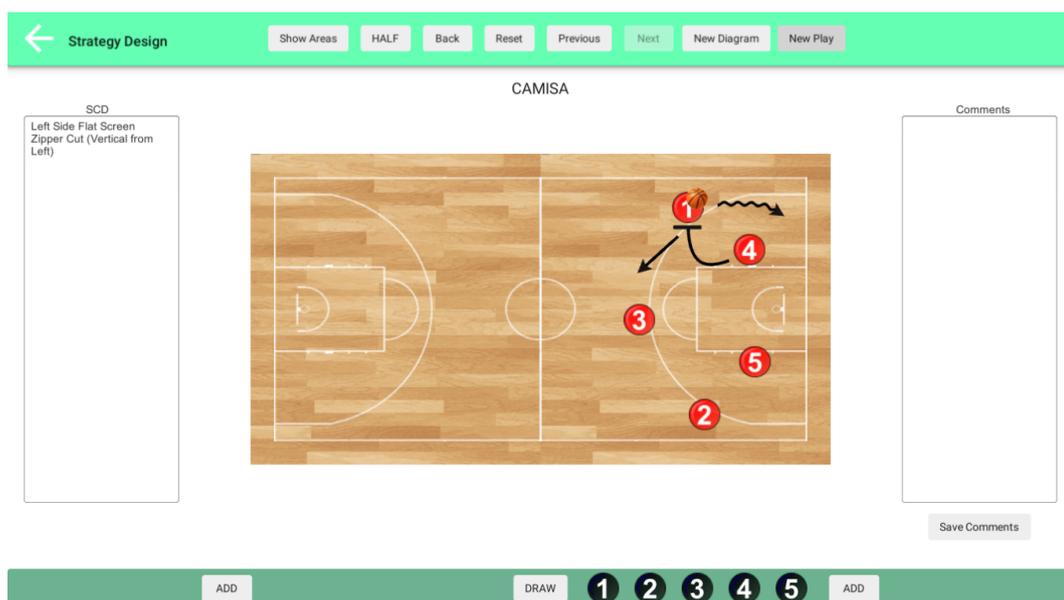


Figura 18 – Interface de desenho dos diagramas da estratégia.

Finalmente, todo o repertório de jogadas e suas ações são reunidas em uma coleção de estratégias do time conhecidas como *Playbook* (Figura 19).

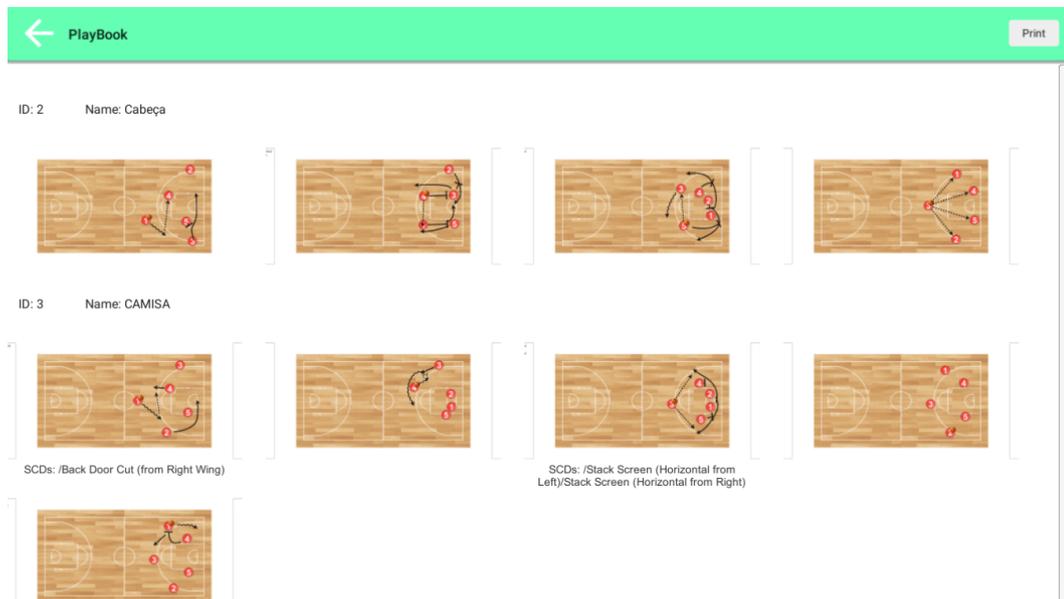


Figura 19 – *Playbook* de jogadas com suas sequências de diagramas.

Grafo da estratégia

O grafo da estratégia apresenta o conteúdo estratégico em forma de nós e arestas em níveis diferentes. A Figura 20 apresenta as DCEs reconhecidas pelo sistema a partir dos diagramas desenhados. Adicionalmente, por meio de análises topológicas foram computados: i) número de ações; ii) número de ações derivadas; iii) total de nós (i.e., nó no qual chegam alguns caminhos e do qual partem vários (LAMAS, 2012)), arestas e folhas; e iv) densidade do grafo (i.e., a razão entre o número de arestas e de arestas possíveis.) (CSARDI; NEPUSZ, 2006).

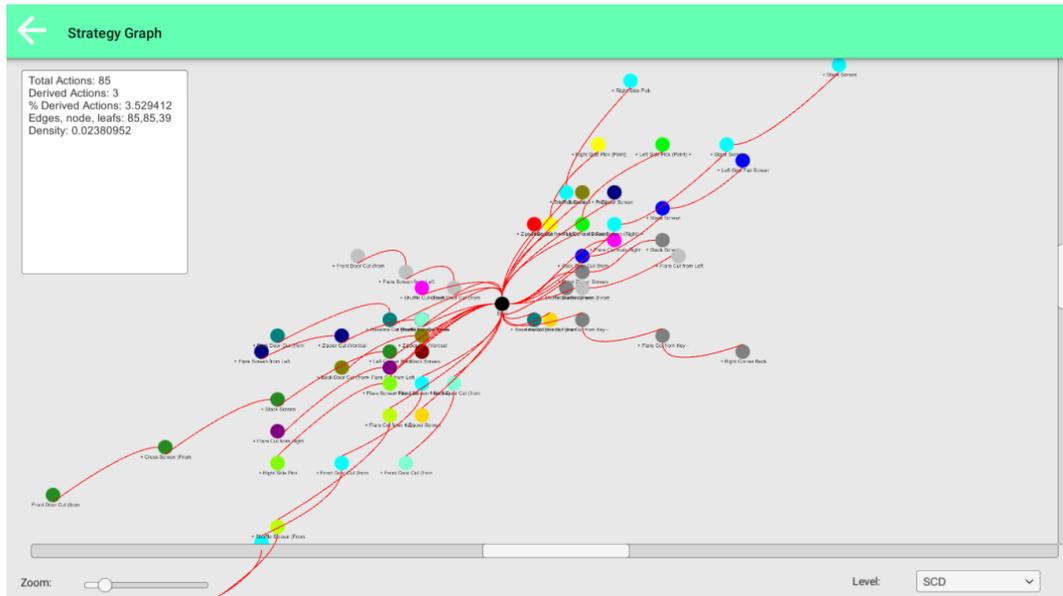


Figura 20 – Grafo da Estratégia - DCEs. A esquerda: quadro de métricas calculadas por meio da análise topológica.

Algoritmo de reconhecimento das ações básicas

Com o objetivo de tornar a tarefa do desenho uma jogada mais rápida e manter uma interface visual limpa (i.e., realizar mais tarefas com menos *clicks* e botões), um algoritmo foi desenvolvido para reconhecer a ação a partir de informações obtidas do próprio ato de desenhar com o *mouse* ou *touch*. Diferente de outras ferramentas de desenho de jogadas para Basquetebol, o treinador não precisa selecionar o tipo da seta para representar a ação do jogador (e.g., seta com traço pontilhado para passe; seta com traço contínuo para deslocamento; seta com traço em ziguezague para drible). Em outras palavras, quando o treinador desenha um traço entre dois jogadores, o algoritmo decide se o transforma, por exemplo, em um passe ou um bloqueio, otimizando o tempo do desenho e evitando inconsistências. Para isto é avaliado alguns fatores, dentre outros: i) coordenada (x,y) do jogador de origem; ii) coordenada (x,y) do jogador de destino; iii) jogador com a bola; e iv) trajetória do traço e colisões com jogadores ou cesta (Figura 21).

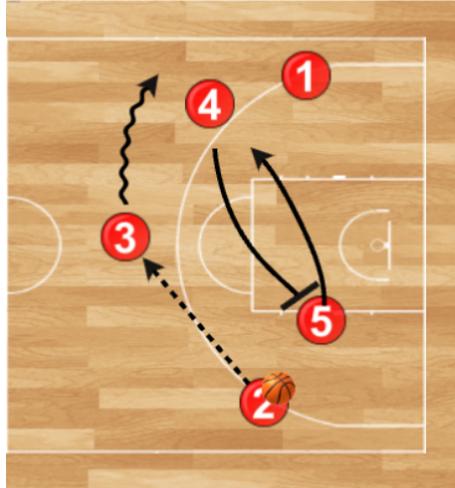


Figura 21 – Apresentação das ações básicas - passe, bloqueio, deslocamento, drible e arremesso.

Algoritmo de reconhecimento das DCEs

As ações DCEs são reconhecidas automaticamente pelo sistema. Ou seja, não é necessário que o técnico indique nenhuma informação extra. Esta função é importante porque a partir deste resultado, as DCEs poderão ser adicionadas ao programa de treinamentos no módulo de treinos e incluídas no conjunto de ações que poderão ser anotadas no módulo de jogo. Para isto, o sistema realiza dois passos. Primeiro, utiliza um mapeamento detalhado da quadra de Basquetebol (Figura 22)) para acessar uma estrutura de dados contendo a lista de ações DCEs com suas posições de origem e destino (Tabela 3).

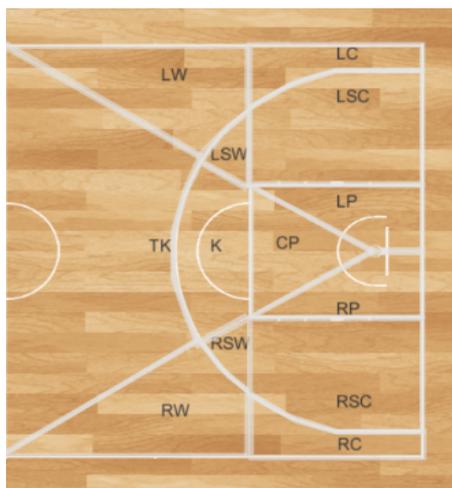


Figura 22 – Áreas mapeadas da quadra de Basquetebol. Onde K-Key, TK-Top Key, LW-Left Wing, RW-Right Wing, LC-Left Corner, RC-Right Corner, LSW-Left Short Wing, RSW-Right Short Wing, LSC-Right Short Corner, RSC-Right Short Corner, CP-High Post, LP-Left Post, RP-Right Post

Tabela 3 – Subconjunto do mapeamento da origem e destino de cada DCE.

DCE	Origem Ação	Destino Ação
<i>Pick Central</i>	TK/K	W/SW
<i>Right Side Pick (Baseline)</i>	RW/RSW	C/SC/PR
<i>Right Side Pick (Paint)</i>	RW/RSW	TK/K/PC
<i>Right Side Handoff (Baseline)</i>	RW/RSW	C/SC/PR
<i>Central Flat Screen</i>	TK/K	PL/PR
<i>Right Side Flat Screen</i>	RW/RSW	SC/PC/PR
<i>Down Screen (Right)</i>	PR/SC	C/W/SW
<i>Right Corner Back Screen</i>	RC/RSC	RSC/PR
<i>Right Wing Back Screen</i>	RW/RSW	RSW/PR
<i>Top of Key Back Screen</i>	TK/K	K/PC
<i>Flare Screen from Right Wing (baseline)</i>	RW	RC
<i>Cross Screen (From Right)</i>	LRC/PR	LSC/PL
<i>Right Zipper Screen Vertical</i>	RSC	RW/RSW
<i>Shuffle Screen (From Right)</i>	RW/RSW	PC/PL/LSC
<i>Screen Away (From Right)</i>	RW	TK
<i>Right Up Screen</i>	RSW	RSC/PR
<i>Stack Screen (Vertical)</i>	PC	TK
<i>Back Door Cut (from Key)</i>	TK/K	TK/PC
<i>Front Door Cut (from Right Wing)</i>	RW/RSW	RSW/PR
<i>Front Door Cut (from Key)</i>	TK/K	TK/PC
<i>Flare Cut from Key - Right</i>	TK	RW
<i>Zipper Cut (Horizontal from Right)</i>	RW	LW
<i>Baseline Cut (From Right)</i>	RC/RSC	LC/LSC
<i>Right High Post Play</i>	RSW	NA
<i>Right Low Post Play</i>	RSC/PR	NA
<i>1on1 Key</i>	K/TK	NA
<i>1x1 Wing (Right)</i>	RW/RSW	NA

Segundo, relaciona esta informação com características do traço realizado no momento. Se este passo não for suficiente para definir a DCE, outros dados são avaliadas como: i) tipo de ação básica; ii) outras ações recebida pelo jogador de origem; e iii) distancia entre a origem e o destino. Por exemplo, a DCE *Screen Away from Right Side* (Figura 23) é composta por três ações (i.e., um passe, um bloqueio e um deslocamento) que interagem de forma única. Sua origem do bloqueio é no *Top Key* e o destino é o *Right Wing* da quadra. Desta mesma forma, as demais DCEs são definidas dentro de cada diagrama.

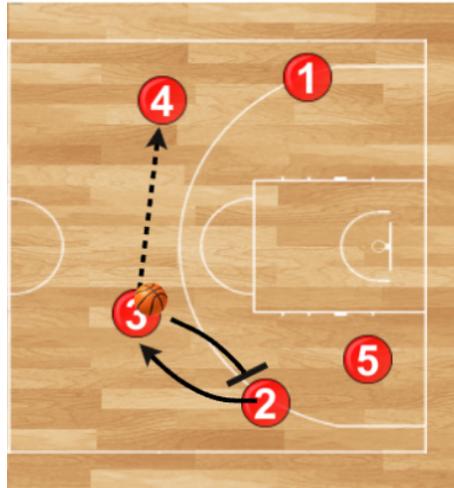


Figura 23 – Reconhecimento automático das DCEs - *Screen Away from Right Side* formado por um passe, um bloqueio e um deslocamento sem bola.

Algoritmo para reposicionamento dos jogadores a partir do diagrama anterior

A implementação deste algoritmo está relacionada com a transformação de um estado movimento-entrada e novo estado movimento-saída (LAMAS et al., 2014). Na prática de uso, este recurso facilita a construção dos novos diagramas e agilizar o posicionamento dos jogadores em quadra. O sistema simula o desfecho de todas as ações do diagrama de origem para reposicionar os jogadores em um ponto futuro da quadra no diagrama de destino (Figura 24).

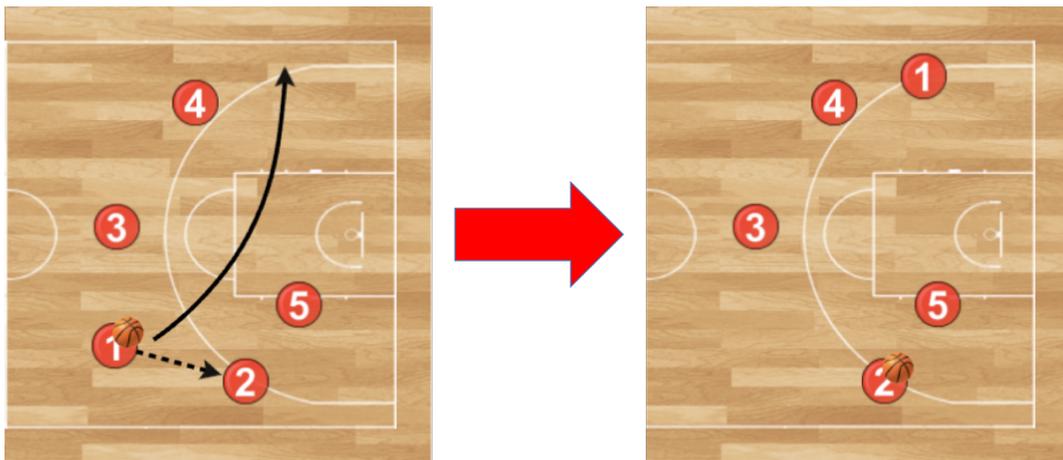


Figura 24 – Transição das posições dos jogadores entre os diagramas de origem e destino. Diagrama 1: o jogador 1 com a bola faz um passe para o jogador 2 e desloca-se para o lado esquerdo cruzando o garrafão. Diagrama 2: o jogador 1 é posicionado no destino da ação de deslocamento e a bola agora está com o jogador 2.

5.2.2 Módulo de treinamento

O Módulo de treinamento foi implementado para dar suporte a elaboração e controle das sessões de treinamento. Para isto, o sistema aborda: i) planejamento das sessões de treino; ii) interface para manutenção da biblioteca de conteúdos (i.e., classes de conteúdo); iii) desenho de um diagrama para representar o treino em um ambiente gráfico como uma quadra de Basquetebol com opções de adicionar jogadores, bola, cones, barreiras e aros; iv) apresentação dos resumo do treino para impressão; e v) relatório apresentando tempo utilizado por treino e frequência de conteúdos treinados.

A periodização do treinamento ao longo do tempo é apresentada na forma de calendário (Figura 25). Neste formato, o treinador tem um panorama dos dias em que ocorrem treinos, além de visualizar os dias em que os jogos serão realizados, facilitando o planejamento das futuras sessões de treino em função de cada jogo.

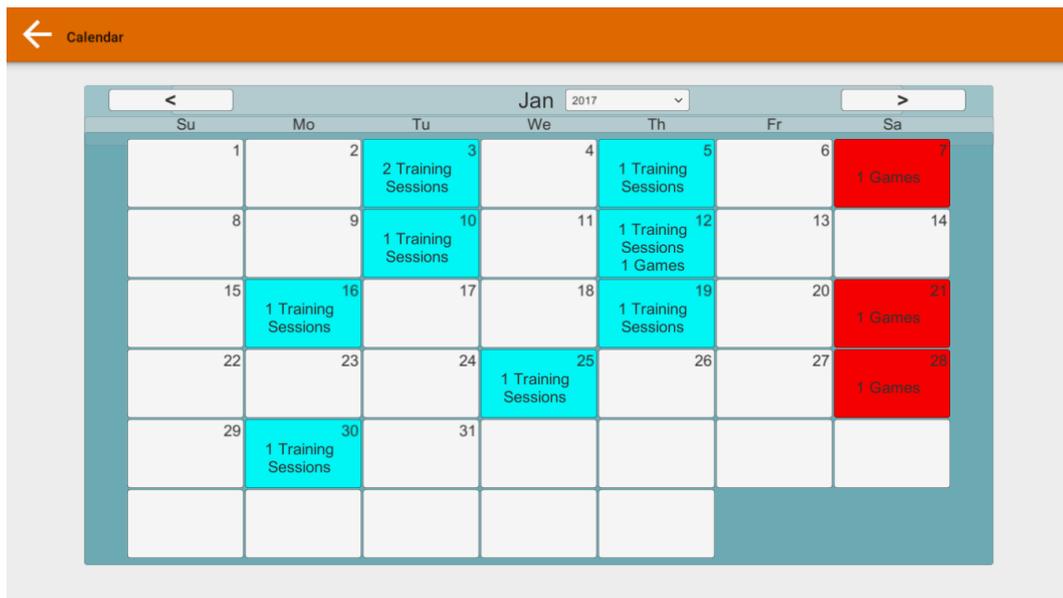


Figura 25 – Calendário de treinos e jogos da equipe.

Gestão dos conteúdos dos treinos

Cada sessão de treino, foi dividida em períodos de tempo, ficando a escolha do treinador, os critérios de conteúdos a serem organizados em cada período. Esta divisão possibilita uma maior organização do treinamento e uma separação de cada conteúdo treinado como mostrado na Figura 26. Por sua vez, cada período de treino pode ser composto a partir de conteúdos de treinamentos originados das fontes: i) jogadas desenhadas na estratégia; ii) DCEs associadas a alguma jogada; e iii) biblioteca de classes de conteúdo

(i.e., Estratégico Coletivo; Estratégico Grupal; Tático Coletivo; Tático Grupal; Tático Individual; e Técnico).

New Training Session New Period Save

Name: Date: 01/03/2017

Shift:

Period	Start Time	End Time	Activity	Equipment	Actions
2	08:15	08:30	1on1 Key from Picks Test/Drible, parada e jump / footwork Cut/Pick Central from Picks Test/Walk trough de jogadas/5x7 - quadra inteira/Linha de passe + arremesso (1 a 2 arremessos)	Stag Pivos	Edit Delete
3	08:30	08:45	Zipper screen horizontal/Zipper screen vertical	Zipper Rotação pivo	Edit Delete
4	08:45	09:00	Back screen	Conceito espaço dinamico	Edit Delete
5	09:00	09:45	Spot-up jump shot/5x5	Competição	Edit Delete

Figura 26 – Períodos de uma sessão de treino.

Biblioteca de Classes de Conteúdo

Uma sessão de treino pode conter exercícios de origem estratégica, tática e técnica. A biblioteca de classes de conteúdo complementam o treinamento distribuindo elementos técnico-táticos com exercícios estratégicos como mostrado na Figura 27. Cada um destes elementos é associado a um diagrama de ações e podem ser personalizados pelo treinador. Do ponto de vista da análise de conteúdo, cada ação é classificada em: i) Estratégia coletiva/grupal; ii) Tática coletiva; iii) Tática individual/grupal; iv) Técnico Tático; e v) Técnica-Geral. Esta classificação viabiliza uma análise mais aprofundada da carga de treinos, considerando a categoria de conteúdo treinado.

Figura 27 – Configuração do treino com opções de seleção dos conteúdos: Jogadas, DCEs e exercícios agrupados por sua classe de conteúdo.

As jogadas originadas no desenho da estratégia estão disponíveis, automaticamente, no módulo de treinamento como apresentado na Figura 28. O treinador, de acordo com seu planejamento, pode selecionar as jogadas que farão parte do treino, além de desenhá-las em uma quadra de Basquetebol.

Figura 28 – Configuração do treino - seleção de jogadas originadas no desenho da estratégia.

O treinador poderá especificar sua sessão de treino, selecionando um subconjunto de uma jogada a partir de DCEs reconhecidas no desenho da estratégia. O sistema importa o

diagrama desenhado no módulo de desenho para ser utilizado nesta sessão de treinamento. A Figura 29 mostra um conjunto de DCEs originadas da jogada “Zipper”.

Figura 29 – Configuração do treino - seleção de ações DCE de uma jogada.

Cada conteúdo adicionado a uma sessão de treino dispõe de uma ferramenta de desenho em quadra similar ao ambiente de desenho da estratégia (Figura 30). Este ambiente permite uma maior liberdade ao treinador para transformar determinado exercício em um formato gráfico. Sendo assim, é possível adicionar vários jogadores, mais de uma bola, cones, barreiras e aros.

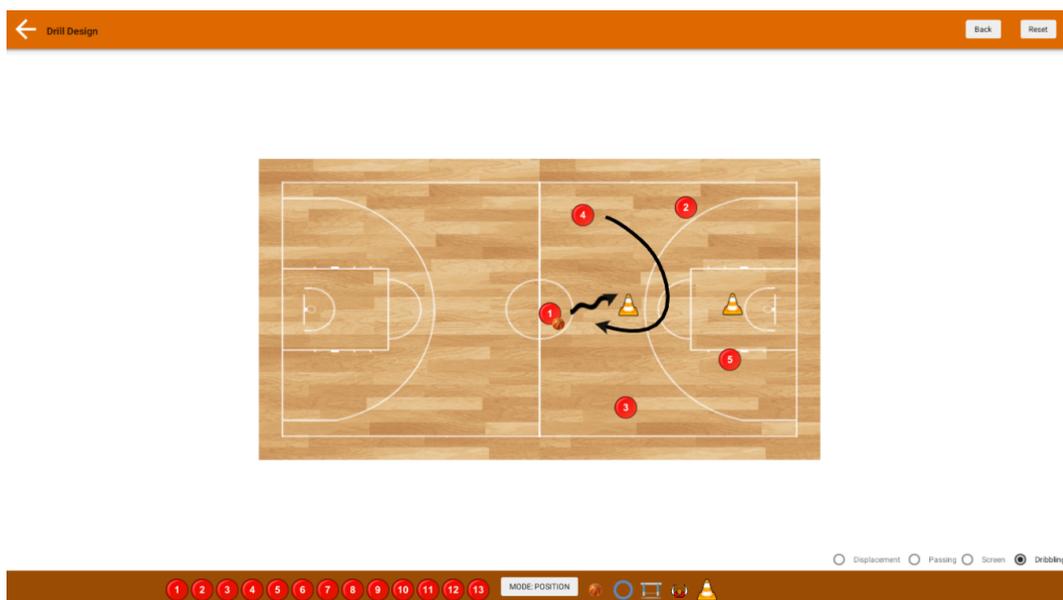


Figura 30 – Configuração do treino - desenho livre de exercícios.

Após a construção da sessão de treinamento, o técnico pode visualizar todo o treino de forma consolidada. O conteúdo foi reformatado de forma a maximizar a impressão do treinamento com informações gerais do treino, o período definido, os exercícios selecionados, comentários e diagramação do exercício em quadra (Figura 31).

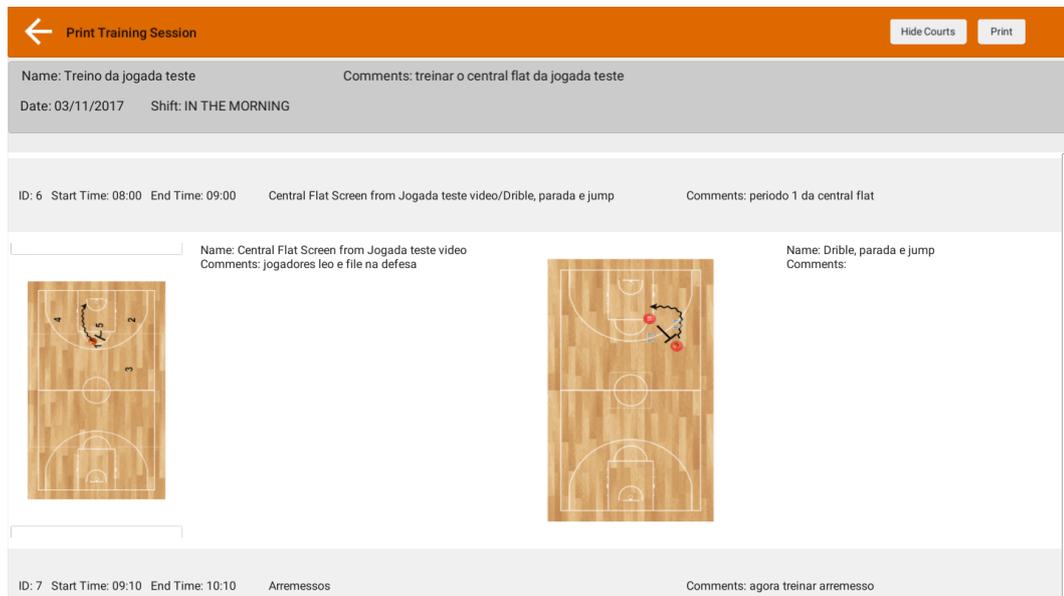


Figura 31 – Impressão de uma sessão de treino.

5.2.3 Módulo de jogo

Duas funcionalidades distintas para anotação de eventos do jogo foram desenvolvidas em paralelo para este módulo: i) com foco no uso em tempo real, utilizando o teclado do computador e ii) a partir de botões personalizados pelo usuário por meio da reprodução de vídeos do jogo. Para ambas implementações, o sistema contemplou: i) gerenciamento de jogos da equipe e respectivas análises de desempenho no jogo; ii) organização dos conteúdos anotados nos jogos; iii) interface de anotação de eventos de jogo; e iv) relatórios intra-módulo.

Organização dos jogos

Nesta interface do sistema, o técnico pode gerenciar a tabela de jogos do seu time como indicado na Figura 32, com rápido acesso aos relatórios de análise de cada jogo.

Home Team	Away Team	Date	Note	Report	Export	Edit	Delete
Vasco da Gama	Flamengo	23/07/2017	Note	Report	Export	Edit	Delete
Flamengo	Vasco da G	14/07/2017	Note	Report	Export	Edit	Delete
Caxias do Sul	Flamengo	08/07/2017	Note	Report	Export	Edit	Delete
Flamengo	Caxias do	30/06/2017	Note	Report	Export	Edit	Delete
Pinheiros	Flamengo	23/06/2017	Note	Report	Export	Edit	Delete
Flamengo	Pinheiros	16/06/2017	Note	Report	Export	Edit	Delete
Campo Mourão	Flamengo	09/06/2017	Note	Report	Export	Edit	Delete
Flamengo	Campo Mour	03/06/2017	Note	Report	Export	Edit	Delete
Brasília	Flamengo	27/05/2017	Note	Report	Export	Edit	Delete
Bauru	Flamengo	18/05/2017	Note	Report	Export	Edit	Delete
Franca	Flamengo	13/05/2017	Note	Report	Export	Edit	Delete
L. Sorocabana	Flamengo	05/05/2017	Note	Report	Export	Edit	Delete
Paulistano	Flamengo	27/04/2017	Note	Report	Export	Edit	Delete
Basq. Cearense	Flamengo	23/04/2017	Note	Report	Export	Edit	Delete
Vitória	Flamengo	13/04/2017	Note	Report	Export	Edit	Delete

Figura 32 – Lista de jogos da equipe na temporada e respectivos relatórios de desempenho no jogo.

Gestão dos conteúdos anotados nos jogos

Os conteúdos possíveis de anotação de um jogo estão armazenados no banco de dados. Inicialmente, todas as jogadas e DCEs definidas no módulo de desenho de estratégia podem ser anotadas em jogo. No entanto, os eventos de jogo podem ter ações que não foram previamente planejadas. Assim, este módulo prevê a adição de novas jogadas e ações, aumentando o conjunto de eventos possíveis de se capturar em jogo. Isto flexibiliza a anotação dos jogos, principalmente se o técnico optar por anotar também os eventos da equipe adversária.

Implementação da anotação de jogo por Expressões Regulares

Para a anotação dos dados de jogo, o anotador pode optar por usar o teclado do computador ou um teclado externo ligado a um dispositivo móvel (Figura 33). O objetivo desta implementação é facilitar a memorização, tornar viável a anotação em tempo real e evitar o máximo possível que o usuário tire os olhos do jogo. Para isto, o sistema mantém uma interface para vincular cada tecla a um evento a ser anotado em jogo (Figura 34). O conjunto de teclas pré-definidas obedece critérios como: i) proximidade entre as teclas do teclado; e ii) primeiro dígito usado como classe de agrupamento das ações, em caso de números.

Game Coletor - Flamengo x Mogi (07/01/2017) [Restart]

B Q_A_X_(12#81#09#08+71#09#02)_Y2# Q1

Home Team_Fast-break_Zone_(jogada anotador#down screen#09#08+pick central#09#02)_2pts-made#

Quarter: 0 - Poss: 82 Opposition Team_Set offense_Zone_XX#Flare Screen from Key - Left)_2pts-miss
Key: [Edit] [Delete]

Quarter: 0 - Poss: 81 Opposition Team_Set offense_Zone_XX#Front Door Cut (from Key))_2pts-made
Key: [Edit] [Delete]

Quarter: 0 - Poss: 80 Opposition Team_Set offense_Zone_XX#Shuffle Cut (From Right)+00#Back Door Cut (from Key)+00#Cross Screen (From Right)+00#Right Low Post Play)_2pts-made
Key: [Edit] [Delete]

Quarter: 0 - Poss: 79 Opposition Team_Set offense_Zone_XX#Left Up Screen+00#Shuffle Cut (From Right)+00#Right Wing Back Screen+00#Flare Screen from Right Wing (baseline))_2pts-miss
Key: [Edit] [Delete]

Quarter: 0 - Poss: 78 Opposition Team_Set offense_Zone_XX#Stack Screen (Horizontal from Left)+00#Cross Screen (From Right)+00#Top of Key Back Screen)_2pts-made
Key: [Edit] [Delete]

Quarter: 0 - Poss: 77 Opposition Team_Set offense_Zone_XX#Right Side Pick (Paint))_2pts-made
Key: [Edit] [Delete]

Quarter: 0 - Poss: 76 Opposition Team_Set offense_Zone_XX#Flare Screen from Right Wing (paint)+00#Left Side Handoff (Baseline)+00#Front Door Cut (from Key))_2pts-made
Key: [Edit] [Delete]

Quarter: 0 - Poss: 75 Opposition Team_Set offense_Zone_XX#Central Flat Screen +00#Top of Key Back Screen+00#Right Side Pick (Baseline))_2pts-miss
Key: [Edit] [Delete]

Quarter: 0 - Poss: 74 Opposition Team_Set offense_Zone_XX#1x1 Wing (Left)+00#Right Side Pick (Paint))_turnover
Key: [Edit] [Delete]

Quarter: 0 - Poss: 73 Opposition Team_Set offense_Zone_XX#Back Door Cut (from Right Wing))_2pts-miss
Key: [Edit] [Delete]

Quarter: 0 - Poss: 72 Opposition Team_Set offense_Zone_XX#Shuffle Cut (From Left)+00#1x1 Corner (Left)+00#Flare Screen from Left Wing (baseline))_2pts-miss
Key: [Edit] [Delete]

Quarter: 0 - Poss: 71 Opposition Team_Set offense_Zone_XX#Zipper Screen Horizontal (From Left))_foul
Key: [Edit] [Delete]

TEAM: Home Team(Q) - Opposition Team(W) - SCD: Zipper Cut (Vertical from Right)() - Flare Cut from Left Wing (paint)() - Flare Screen from Right Wing (paint)() - Screen Away (From Right)() - Baseline Cut (From Left)() - Cross Screen (From Left)() - Stack Screen (Horizontal from Left)() - Baseline Cut (From Right)() - Down Screen (Right)() - Right Zipper Screen Vertical() - Flare Cut from Key - Right() - Back Door Cut (from Left Corner)() - Left Corner Back Screen() - Front Door Cut (from Left Corner)() - Front Door Cut (from Key)() - Back Door Cut (from Right Wing)() - Cross

ATTACK TYPE: Fast-break(A) - Early offense(D) - Set offense(S) -

DEFENSE TYPE: Zone(X) - Man(Z) -

Figura 33 – Tela de anotação de jogo via teclado.

Event	Key	SCD	Edit	Delete
Low post play	Key:42	SCD	[Edit]	[Delete]
1 x 1 top of key	Key:51	SCD	[Edit]	[Delete]
1 x 1 wing	Key:52	SCD	[Edit]	[Delete]
1 x 1 corner	Key:53	SCD	[Edit]	[Delete]
pick central	Key:71	SCD	[Edit]	[Delete]
pick baseline	Key:72	SCD	[Edit]	[Delete]
pick paint	Key:73	SCD	[Edit]	[Delete]
pick slip	Key:78	SCD	[Edit]	[Delete]
down screen	Key:81	SCD	[Edit]	[Delete]
back screen	Key:82	SCD	[Edit]	[Delete]
flare screen	Key:83	SCD	[Edit]	[Delete]
cross screen	Key:84	SCD	[Edit]	[Delete]
zipper screen	Key:85	SCD	[Edit]	[Delete]
shuffle screen	Key:86	SCD	[Edit]	[Delete]
screen away	Key:87	SCD	[Edit]	[Delete]
up screen	Key:88	SCD	[Edit]	[Delete]
stack screen	Key:89	SCD	[Edit]	[Delete]

Figura 34 – Atribuição de teclas para cada evento de jogo.

Após a associação das teclas a cada conteúdo, o sistema fica apto a receber dados dos eventos do jogo. Cada tecla digitada é analisada e sua sintaxe é validada por um conjunto de regras utilizando Expressões Regulares. Para isto, os conteúdos foram classificados em i) time; ii) tipo de ataque; iii) tipo de defesa; iv) jogada; v) DCE; e vi) resultado. Isso posto, a definição da expressão regular segue a sequência: Time(casa ou fora)+tipo de ataque+tipo de defesa+ação+jogador1+jogador2+concatenação entre ações+resultadofinal. Formalmente, a regra foi implementada com a seguinte expressão regular (Figuras 35 e 36).

(Q|W)_(A|S|D)_(Z|X)_((\{([\d]{2})#\}?)\{([\d]{2})#\}(\{2\}\))\{+\})*_Y3

Figura 35 – Expressão regular.

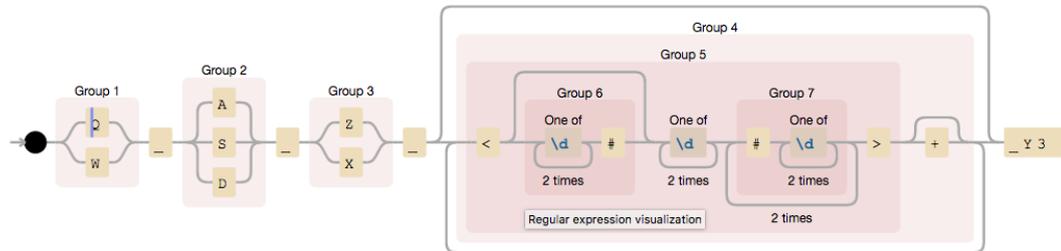


Figura 36 – Fluxo da expressão regular.

Implementação da anotação de jogo por meio de vídeos gravados

A anotação dos dados de jogo também pode ser realizada revendo o jogo por intermédio de uma gravação, contando com opções como: i) *pause*; ii) câmera lenta; e iii) avanço rápido do vídeo. Desta forma, o treinador pode detalhar cada jogada ou ação realizada em quadra, bem como anotar eventos do time adversário. O sistema mantém uma interface para atribuição de cada categoria de botões especialmente personalizados para cada evento de jogo. Cada botão pode ser configurados de duas formas: i) *Timestamp*: para marcar início da sequência de uma nova posse de bola usando o tempo (i.e. data, hora, minuto e segundo) como marcador; ii) *Log Trigger*: para os demais eventos intermediários da mesma posse de bola. A Figura 37 exemplifica a anotação dos eventos do jogo a partir de um vídeo previamente gravado. Cada botão representa uma ação e pode ser agrupador em categorias como: i) time; ii) tipo de ataque; iii) tipo de defesa; iv) jogada; v) DCE; e vi) resultado.

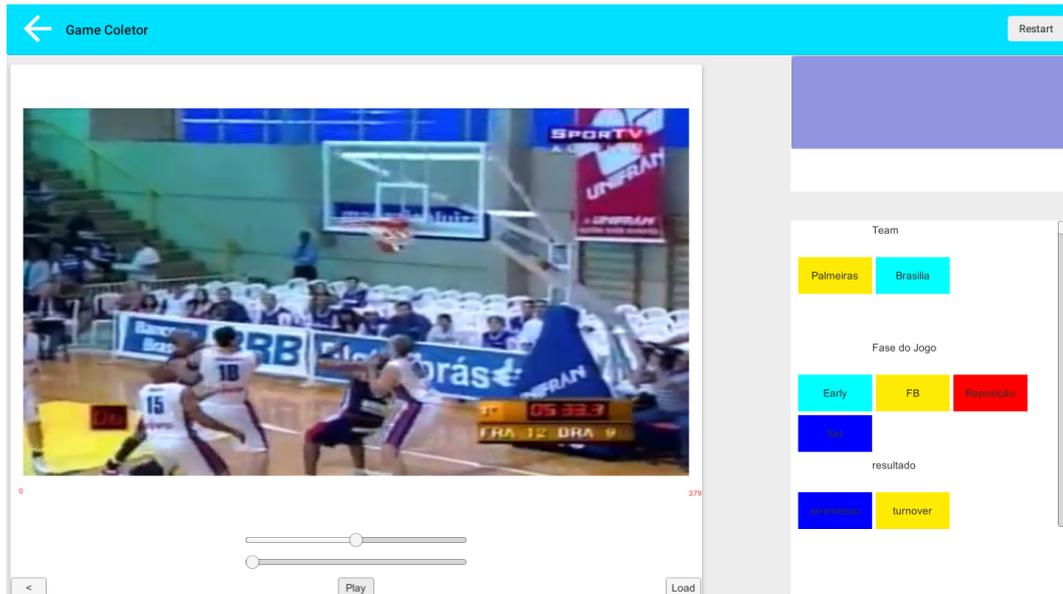


Figura 37 – Tela de anotação de jogo por meio de vídeo.

Relatórios intra-módulo

Os relatórios e gráficos apresentados neste módulo podem auxiliar o treinador a tomar decisões até mesmo durante a partida nos intervalos e tempos técnicos do jogo. As principais informações consolidadas são: i) frequência de jogadas do time da casa e do time adversários; ii) frequência de ações das equipes; iii) frequência de transições entre ações; e iv) sequências de ações que resultaram em cesta. A Figura 38 apresenta um gráfico, em forma de teia, com as cinco ações mais frequentes e as cinco transições que mais ocorreram durante o primeiro quarto do jogo. Este tipo de visualização favorece a identificação dos pontos fortes e fracos do ponto de vista das DCEs do time da casa e do time adversário.



Figura 38 – Frequência de ações e de concatenações entre ações dentro da mesma posse de bola ocorridas durante uma partida de Basquetebol.

5.2.4 Relatórios inter-etapas

As interações de cada par de etapa são descritas como: i) estratégia e treinamento: relação entre jogadas e respectivas ações especificadas e a frequência com que foram treinadas; ii) treinamento e jogo: ações ocorridas no jogo e sua frequência em sessões de treino; e iii) estratégia e jogo: relação entre as jogadas especificadas na estratégia e sua ocorrência no jogo.

Estratégia x Treinamento

A Figura 39 apresenta a interação entre os conteúdos gerados nas sessões de treino e as ações desenhadas no módulo de desenho da estratégia.

Name	Total Training	Total Strategy
4x4	5	0
Back door cut	4	28
5x5	4	0
CHIFRE LADO	4	0
1x1	3	0
3x3	3	0
Cabeça	3	0
CHIFRE	3	0
Front Door Cut (from Right Corner) from JOGADA	3	0
3x2	3	0
Warm-up	2	0
CAMISA/5x5	2	0
2x1	2	0
Zipper Cut (Vertical from Left) from CAMISA	2	0
Handoff to the baseline	2	0
Handoff to the paint	2	0
5x0	2	0
Passé sob a cabeça	2	0
Passé com uma mão	2	0
Back Door Cut (from Left Wing) from JOGADA	2	0
Front Door Cut (from Key) from JOGADA LADO 2	2	0
Right Wing Back Screen from JOGADA LADO 2	2	0
Back Door Cut (from Right Corner) from JOGADA	2	0
Shuffle Screen (From Right) from JOGADA 3	2	0
Zipper Cut (Vertical from Right) from JOGADA 3	2	0

Figura 39 – Relatório Treinamento x Estratégia. Frequência de jogadas e ações DCEs treinadas e seus totais na estratégia.

Treinamento x Jogo

As ações ocorridas no jogo relacionadas ao resultado de sucesso ou insucesso, podem ser associadas a sua frequência nas sessões de treino conforme ilustrado na Figura 40. O treinador poderá verificar quais as ações de maior percentual de sucesso ou insucesso e confrontá-las com a frequência de treinamentos dedicados a estas ações.

Name	Total Game	Total Success	Total Training
Right Side Handoff (Baseline)	74	16	0
Flare Cut from Left Wing	53	15	2
Flare Cut from Left Wing	51	16	1
Zipper Screen Horizontal (From	49	11	1
Front Door Cut (from Right)	48	13	3
Zipper Cut (Vertical from Left)	48	16	3
Down Screen (Right)	47	19	1
Screen Away (From Right)	47	16	0
Right Side Flat Screen	47	21	0
Right Up Screen	46	11	0
Front Door Cut (from Left)	46	13	0
Flare Cut from Right Wing	46	14	4
Shuffle Cut (From Left)	46	10	2
Down Screen (Left)	46	11	0
Stack Screen (Vertical)	46	11	0
Left Side Flat Screen	45	13	1
Right Side Pick (Paint)	45	10	2
Top of Key Back Screen	45	15	0
Front Door Cut (from Key)	45	13	8
Left Wing Back Screen	45	15	0
Right Wing Back Screen	44	12	2
Right High Post Play	43	20	0
Left Corner Back Screen	43	15	1
Front Door Cut (from Right)	42	15	0
1on1 Key	42	13	0

Figura 40 – Relatório de Jogos x Treinamento. Ações DCE executadas no jogo x total posses que resultaram em sucesso x frequência nos treinos.

Estratégia x Jogo

Intuitivamente, um melhor aprendizado da estratégia nos treinos e sua aplicação nos jogos direciona para um melhor desempenho da equipe. Ou seja, uma equipe que execute o planejamento estratégico com maior frequência nas partidas (i.e., minimizando decisões momentâneas no campo tático), pode beneficiar-se do melhor entendimento dos aspectos do jogo conduzindo a um melhor percentual de sucesso, dado que decisões não planejadas tendem a ter um percentual de risco elevado. Sendo assim, foi criado um relatório que relaciona ações ocorridas nos jogos ao conteúdo planejado na estratégia.

A Figura 41 apresenta as ações DCE planejadas na estratégia, suas ocorrências no jogo e as frequências de sucesso.

Name	Total Game	Total Success	Total Strategy
Right Side Handoff (Baseline)	74	16	0
Flare Cut from Left Wing	53	15	6
Flare Cut from Left Wing	51	16	2
Zipper Screen Horizontal (From	49	11	2
Front Door Cut (from Right)	48	13	4
Zipper Cut (Vertical from Left)	48	16	7
Down Screen (Right)	47	19	3
Screen Away (From Right)	47	16	1
Right Side Flat Screen	47	21	0
Right Up Screen	46	11	0
Front Door Cut (from Left)	46	13	1
Flare Cut from Right Wing	46	14	11
Shuffle Cut (From Left)	46	10	5
Down Screen (Left)	46	11	0
Stack Screen (Vertical)	46	11	0
Left Side Flat Screen	45	13	4
Right Side Pick (Paint)	45	10	9
Top of Key Back Screen	45	15	0
Front Door Cut (from Key)	45	13	28
Left Wing Back Screen	45	15	0
Right Wing Back Screen	44	12	4
Right High Post Play	43	20	0
Left Corner Back Screen	43	15	5
Front Door Cut (from Right)	42	15	0
Ion1 Key	42	13	0

Figura 41 – Relatório de Estratégia x Jogos. Ações DCE x presença nos jogos x frequência de sucesso.

5.3 Resultados experimentais

Esta seção apresentará os resultados do experimento realizado com uso do *software*. A seção está dividida em: i) resultados das análises intra-etapas (i.e., Estratégia, Treinamento e Jogo); ii) resultados das análises inter-etapas (i.e., Estratégia x Treinamento, Treinamento x Jogo e Estratégia x Jogo); e iii) comparação de estratégias de diferentes técnicos.

5.3.1 Análises intra-etapa do CVE

Para cada uma das etapas do CVE, realizamos dois tipos de análises. Uma descritiva e outra de caráter preditivo, indicando possibilidades de suporte a futuras prescrições de conteúdo por parte dos técnicos.

Estratégia

Um importante resultado foi a caracterização das ações desenhadas em: i) tipo; ii) classes de DCE; iii) jogadores envolvidos; iv) áreas da quadra; e v) estados. Por exemplo, a Figura 42 apresenta a frequência das ações desenhadas na estratégia caracterizada pela sua classes de DCE.

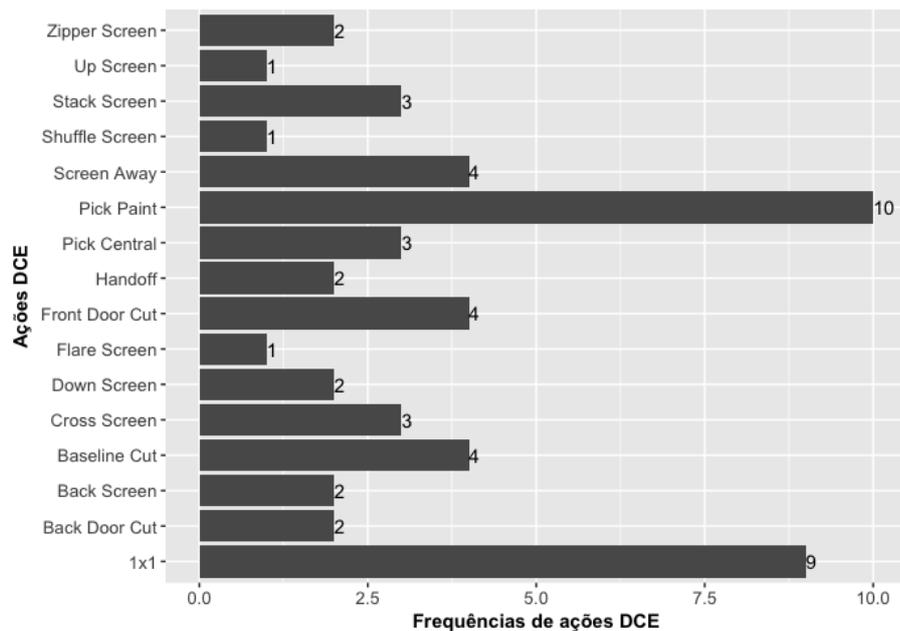


Figura 42 – Frequência das ações DCEs desenhadas na estratégia pelo técnico viabilizado pelo armazenamento destas ações no banco de dados.

Como complemento, computamos todas as ações básicas registrada no banco de dados(Figura 43).

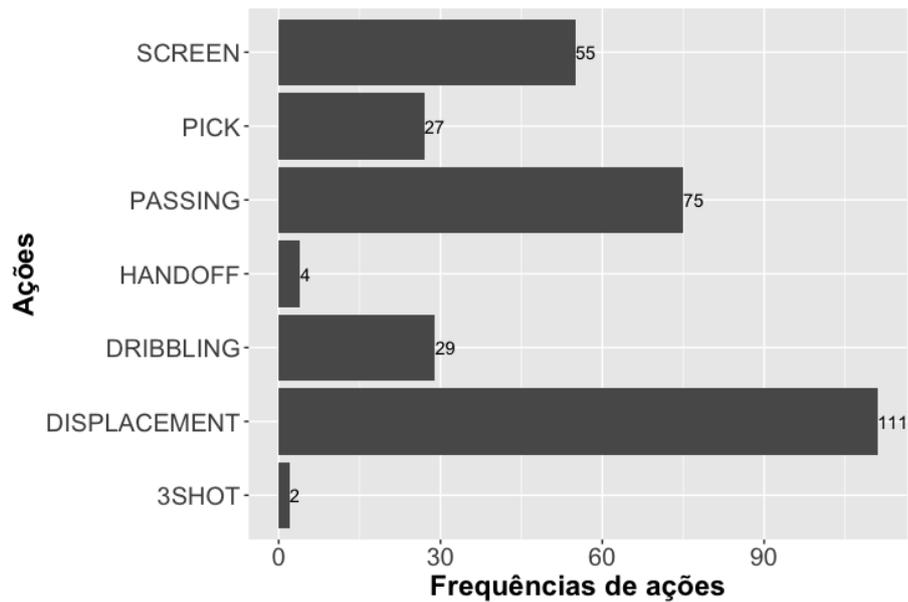


Figura 43 – Frequência das ações desenhadas na estratégia.

Com a implementação do modelo de visualização de estratégias por meio de grafos foi possível extrair informações como: i) as 46 jogadas foram criadas apresentando o mínimo de 1 estado e máximo de 6 estados; ii) a média de estados por jogada foi 2.83 ± 2.33 ; iii) o índice estado por jogada (i.e., total de estados dividido pelo total de jogadas) foi 2.81; iv) dos 128 estados, 8 deles apresentaram o total de 11 nós de decisão (LAMAS, 2012); v) As 304 ações desenhadas tiveram média de 2.50 ± 1.1 ações por estado; e vi) a densidade (i.e., a razão entre o número de arestas e de arestas possíveis.) foi 0.0078.

Treinamento

A partir dos dados de conteúdos gerados pelo módulo de treinamento, as análises foram realizadas junto a um conjunto de 79 sessões de treino (105 horas de treinamentos) distribuídos entre os dias 15/01/2018 a 15/03/2018 nos períodos de manhã e tarde. Nesta sub-seção, dividimos os resultados em estrutura de treinos e conteúdos de treino.

Estrutura

A Figura 44 mostra a distribuição dos conteúdos treinados por semana abrangendo toda a amostra. Esta visualização auxilia na identificação de tendências de uso dos conteúdos.

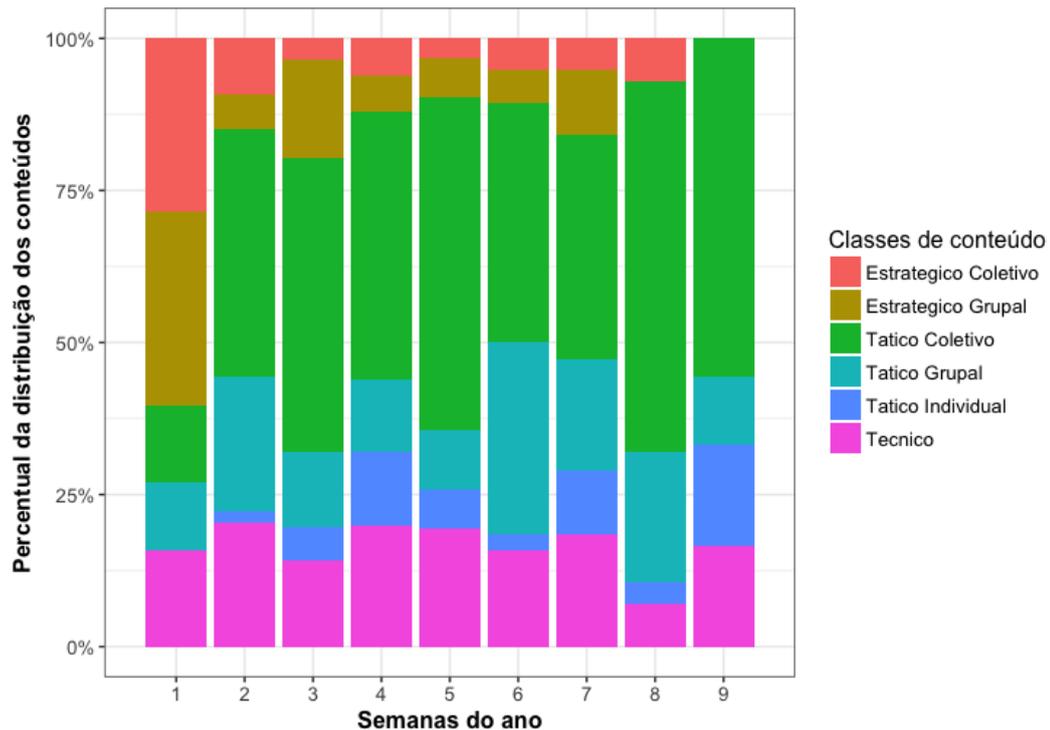


Figura 44 – Distribuição semanal do conteúdo de treinos organizados por classes.

Visando dar suporte a decisões futuras na análise da política de escolha de conteúdo de treino e na definição de um modelo que diferencie perfis de treinamento entre técnicos, realizamos uma análise de caráter preditivo para tomada de decisão pelo técnico. Para isto, utilizamos a técnica de *Data Mining* denominada Regras de Associação (GONSALVES, 2004). Esta técnica define padrões que indicam a probabilidade de um grupo de elementos aparecer em um evento a partir do histórico de outros eventos. Um modelo foi construído, com o algoritmo *Apriori* (BRUSSO, 2000), que nos fornece a tendência de utilização de um determinado conteúdo a partir das ocorrências de grupos de conteúdos em diversas sessões de treino. Por exemplo, na linha 3 da Tabela 4, em 17 sessões de treino, conteúdos do tipo Tático Coletivo (TC) e Tático Grupal (TG) foram treinados na mesma sessão de treino onde havia pelo menos um treino de conteúdo do tipo Técnico (T). Neste tipo de análise, a métrica Suporte é definida como o percentual de vezes que TC, TG e T apareceram juntos no conjunto de todas as sessões de treino, ou seja, 20 sessões de treino (21% dos casos). E a métrica Confiança, indica o quão frequente T é presente em sessões de treino em que TC, TG são treinados. Ou seja, dos 21% casos onde TC e TG são encontrados, em 74% também se encontra T.

Tabela 4 – Frequência conteúdos indicados pela análise de regras de associação pelo critério de mínimo de 15 sessões de treino e 15% de suporte, onde: EC: Estratégico Coletivo; EG: Estratégico Grupal; TC: Tático Coletivo; TG: Tático Grupal; TI: Tático Individual; e T: Técnico.

Linha	Tendência de conteúdo	Número de sessões de treino (Suporte)	Confiança
1	TI => T	13 (0.16)	0.76
2	TG => T	26 (0.32)	0.74
3	TC, TG => T	17 (0.21)	0.74
4	EG => T	16 (0.20)	0.73
5	EC => TC	18 (0.22)	0.72
5	T => TC	40 (0.50)	0.71
7	TI => TC	12 (0.15)	0.71
8	TC => T	40 (0.50)	0.69
9	TG => TC	23 (0.29)	0.66
10	T, TG => TC	17 (0.21)	0.65
11	EC => T	15 (0.19)	0.60

Conteúdo

As análises das sessões de treinamento foram realizadas a partir do detalhamento de conteúdos praticados em quadra e de anotações gerais feitas pelo treinador sobre cada um destes conteúdos. A média de exercícios por sessão de treino foi de 4.82 ± 1.38 , com o tempo médio de 81.22 ± 23.16 minutos. A Tabela 5 mostra as médias de frequência e tempo por classes de conteúdo. Os exercícios de ataque compuseram 69,66%, enquanto 30.34% foram treinamentos relativos a defesa.

Tabela 5 – Médias de frequência e tempo das classes de conteúdo por sessão de treinamento.

Conteúdo	Médias de frequência	Tempo dedicado (minutos)
Estratégico Coletivo	1.40	16.40
Estratégico Grupal	1.95	29.89
Tático Coletivo	2.62	49.74
Tático Grupal	1.72	29.65
Tático Individual	1.24	22.06
Técnico	1.15	17.09

A distribuição semanal dos conteúdos de ataque e defesa é apresentada pela Figura 45.

A Figura 46 apresenta a composição geral de todas as sessões de treinamento distribuídos hierarquicamente. Cada cor predominante representa uma das classes de conteúdo (i.e., EC, EG, TC, TG, TI e T). No interior de cada grupo de cores estão listados

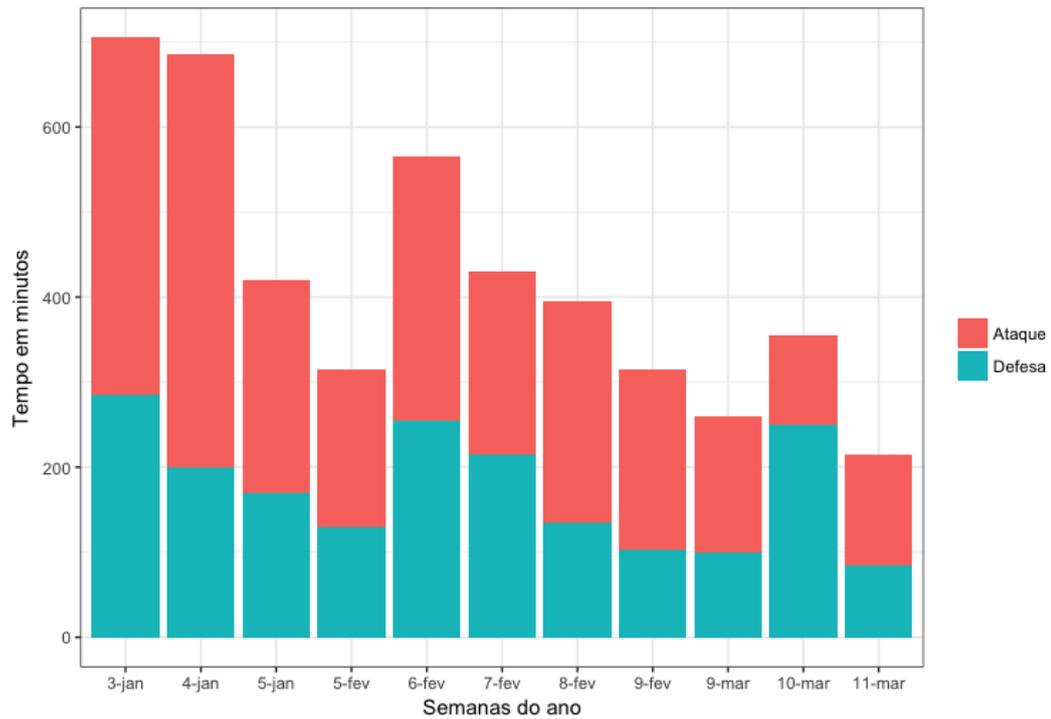


Figura 45 – Tempo dedicado aos conteúdos de treinamentos de ataque e defesa dentro do microciclo de 7 dias. O eixo x indica as semanas do ano, enquanto o eixo y representa a escala de tempo em minutos.

cada conteúdo treinado. Tanto as dimensões de qualquer quadrado/retângulo quanto sua graduação de cores são proporcionais ao número de ocorrência destes conteúdos nos treinos.

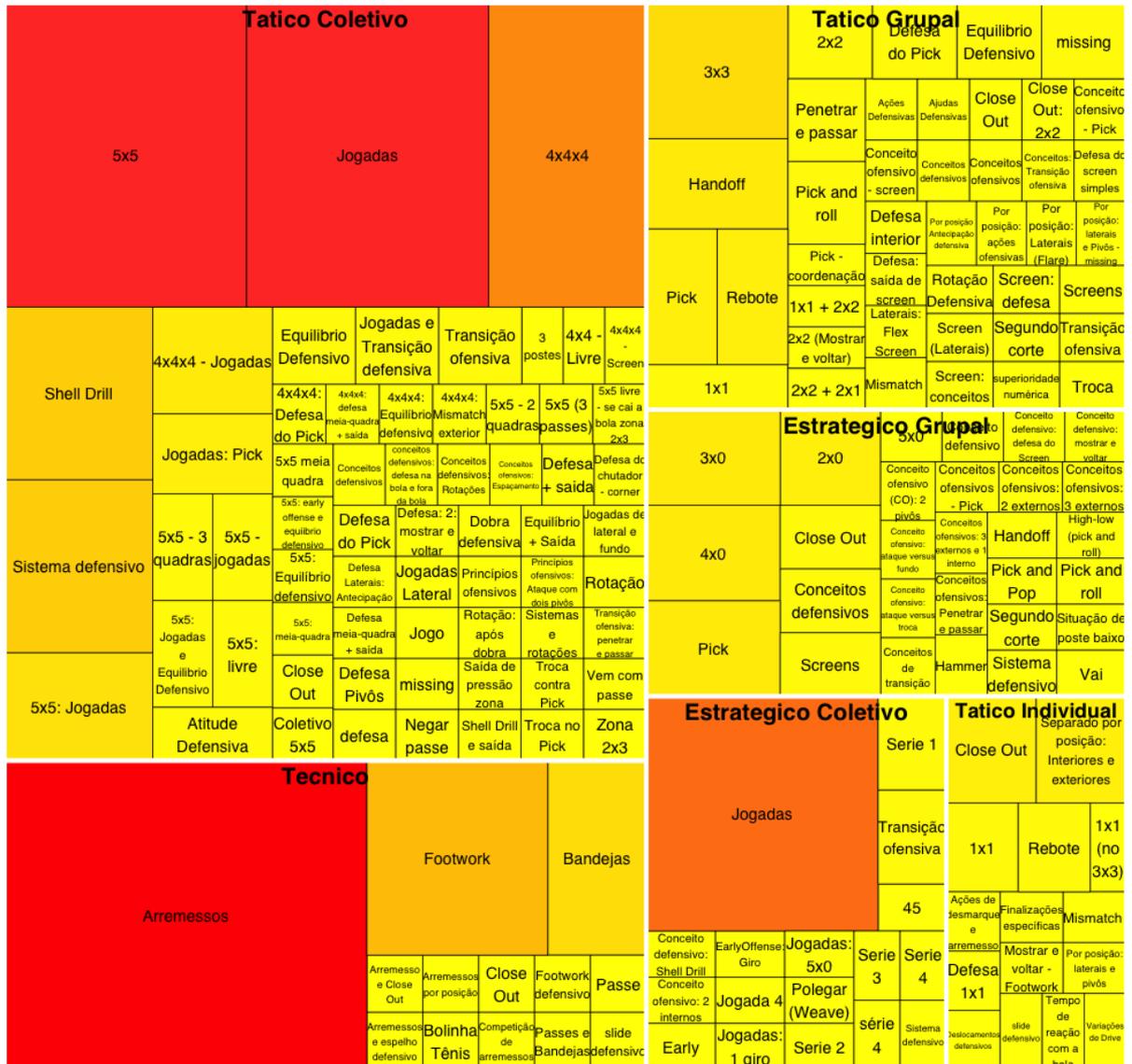
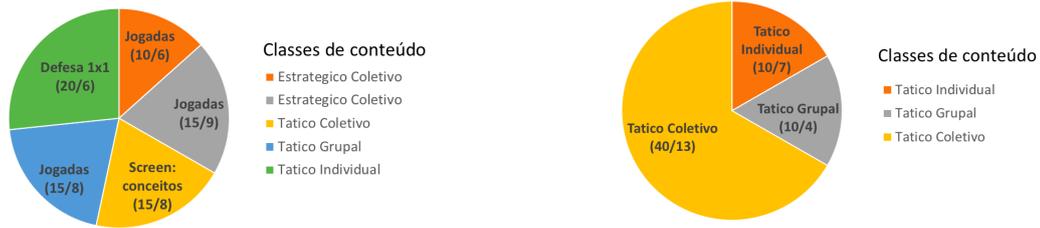
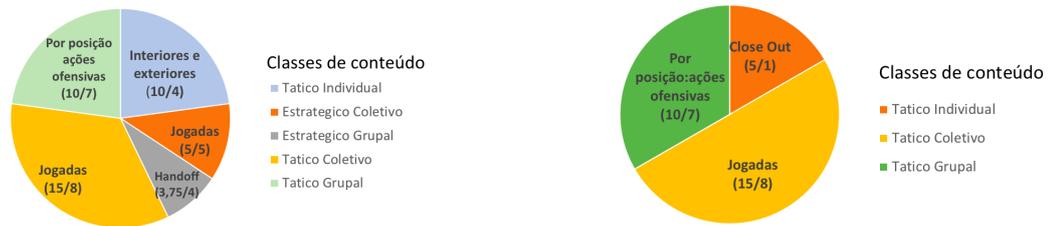


Figura 46 – Composição geral dos conteúdos de treinamentos. O conteúdos foram agrupados pelas classes de conteúdos dentro das áreas delimitadas pela borda na cor branca. As dimensões e gradações de cores são proporcionais ao número de ocorrência dos conteúdos nos treinos.



- (a) Prescrição de treino: 75 minutos; 2-EC, 1-EG(b) Prescrição de treino: 60 minutos; 0-EC, 0-EG, 1-TC, 1-TG, 1-TI e 1-T.



- (c) Prescrição de treino: 45 minutos; 1-EC, 1-EG(d) Prescrição de treino: 30 minutos; 0-EC, 0-EG, 1-TC, 1-TG, 1-TI e 1-T.

Figura 48 – Prescrição de 4 sessões de treino limitados a 75, 60, 45, 30 minutos e maximizados pelo total de exercício em cada classe. Onde: EC: Estratégico Coletivo; EG: Estratégico Grupal; TC: Tático Coletivo; TG: Tático Grupal; TI: Tático Individual; e T: Técnico. Cada fatia representa uma classe de conteúdo. Os números entre parênteses são, respectivamente, o total de minutos e o total de exercícios da classe de conteúdo.

Jogo

Os resultados desta etapa foram obtidos em um jogo-treino entre as Equipe “Verde” e “Laranja” no dia 21/02/2018. Foram computadas ao todo 174 posses de bola. 59.20% destas posses ocorreram durante a fase de ataque posicionado, 10.92% durante a fase de transição ofensiva, 8.05% em reposição de bola e 21.84% na fase de contra-ataque.

A medida de variabilidade estratégica indica o grau com que as equipes alternaram o uso de suas jogadas no jogo. A Figura 49 ilustra essa variabilidade. Por se tratar de um jogo treino, com jogadores de uma mesma equipe, as jogadas eram as mesmas para os dois times.

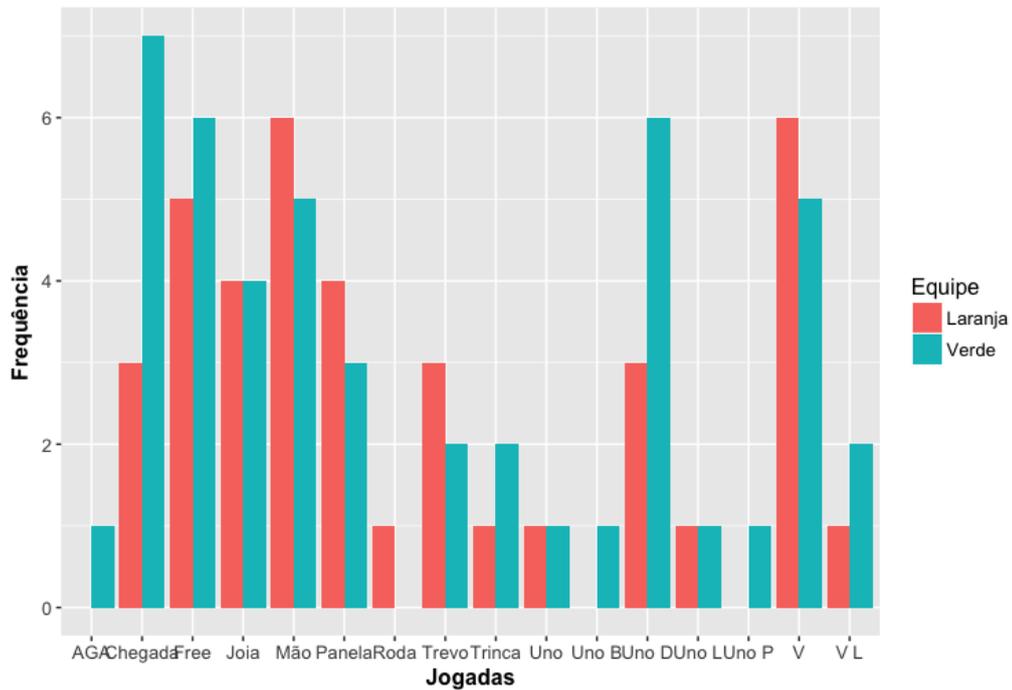


Figura 49 – Variabilidade Estratégica das equipes no jogo.

Ainda referente a conteúdos estratégicos, relacionamos a ultima DCE antes da finalização com o resultado da posse. O gráfico 50 mostra o percentual de sucesso (i.e., cestas convertidas e faltas recebidas) de cada DCE por equipe.

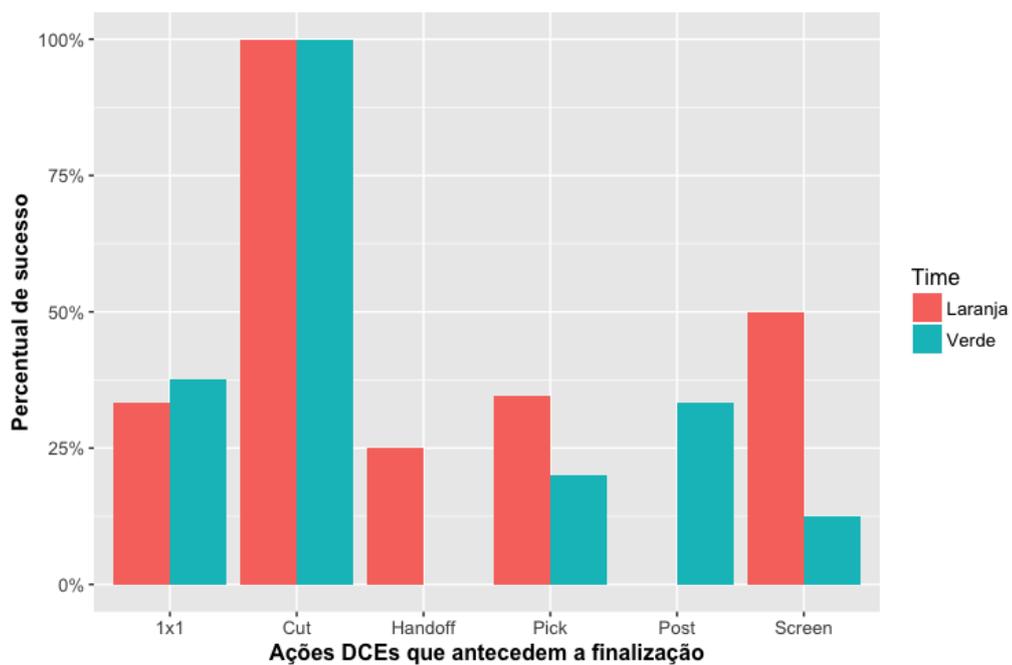


Figura 50 – Percentual de sucesso (i.e., cestas convertidas e faltas recebidas) das ações DCEs que antecedem a finalização por equipe.

Árvore de Decisão

A técnica de árvore de decisão foi utilizada para identificar padrões de uso da estratégia, avaliar a variabilidade da equipe e dar suporte a previsão de resultados futuros. As figuras 51 e 52 mostram as árvores de decisão das equipes Laranja e Verde, respectivamente. Em ambas, cada nó mostra o percentual de sucesso e insucesso das posses. O nó inicial mostra que o percentual de sucesso das equipes Laranja e Verde foi de, respectivamente, 36% e 25%.

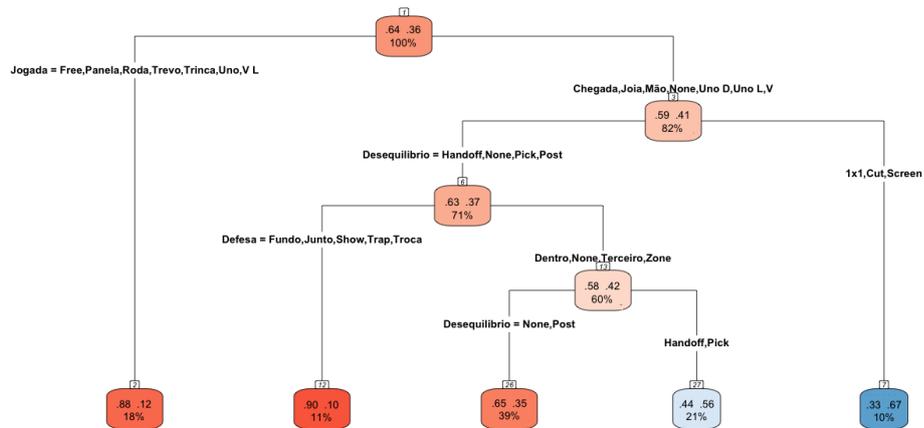


Figura 51 – Arvore do time Laranja mostrando como resultado da posse dependeu de decisões da equipe. Em cada nó há quatro informações: i) o percentual de posses avaliadas; ii) o percentual de insucesso à esquerda e o sucesso à direita; e iii) a tonalidade de cores varia de acordo com o percentual de sucesso e insucesso. Quanto maior a tonalidade de vermelho, maior o insucesso.

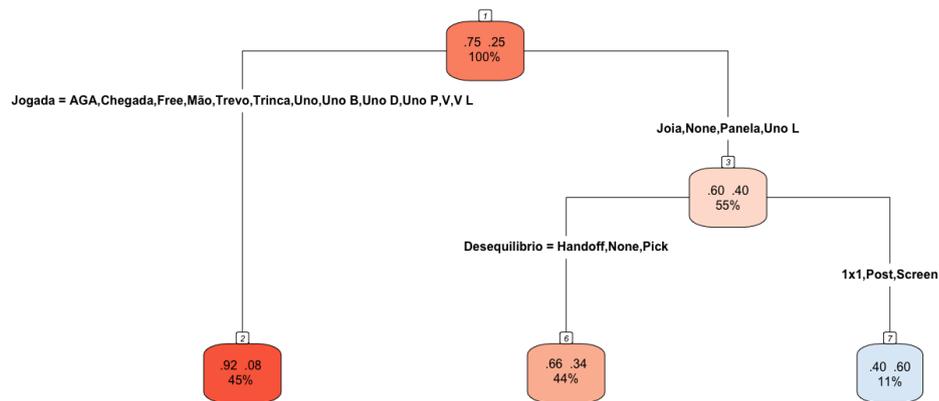


Figura 52 – Árvore do time Verde mostrando como resultado da posse dependeu de decisões da equipe. Em cada nó há quatro informações: i) o percentual de posses avaliadas; ii) o percentual de insucesso à esquerda e o sucesso à direita; iii) o resultado é definido a partir do maior percentual; e iv) a tonalidade de cores varia de acordo com o percentual de sucesso e insucesso. Quanto maior a tonalidade de vermelho, maior o insucesso.

5.3.2 Análises inter-etapas do CVE

Na análise inter-etapas, a interação de duas etapas do CVE, foi avaliada por vez, segundo o critério de persistência dos conteúdos desenhados na estratégia e sua propagação nas demais etapas do CVE. Esta análise foi dividida em: i) Estratégia x Treinamento; ii) Treinamento x Jogo; iii) Estratégia x Jogo; e iv) Comparação de estratégias de diferentes técnicos.

Estratégia x Treinamento

A Figura 53 abaixo apresenta as jogadas presentes na estratégia e suas frequências de treinamento. Nota-se que a maioria das jogadas estiveram presentes nos treinos com valores acima da média 6.5 sessões de treino.

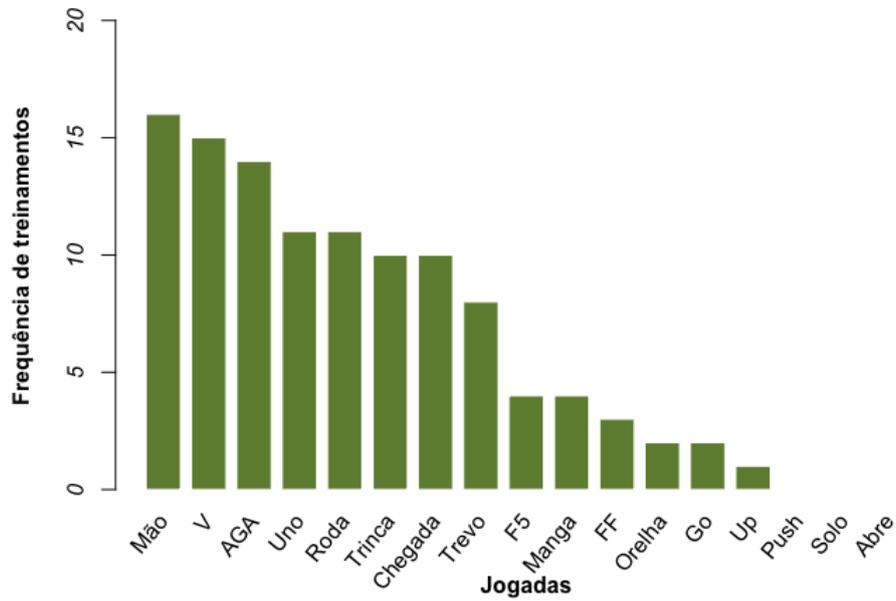


Figura 53 – Jogadas planejadas na estratégia e suas frequências nos treinamentos.

Detalhando cada jogada da estratégia, a Figura 54 apresenta esta mesma análise com as ações que foram classificadas como ações DCEs.

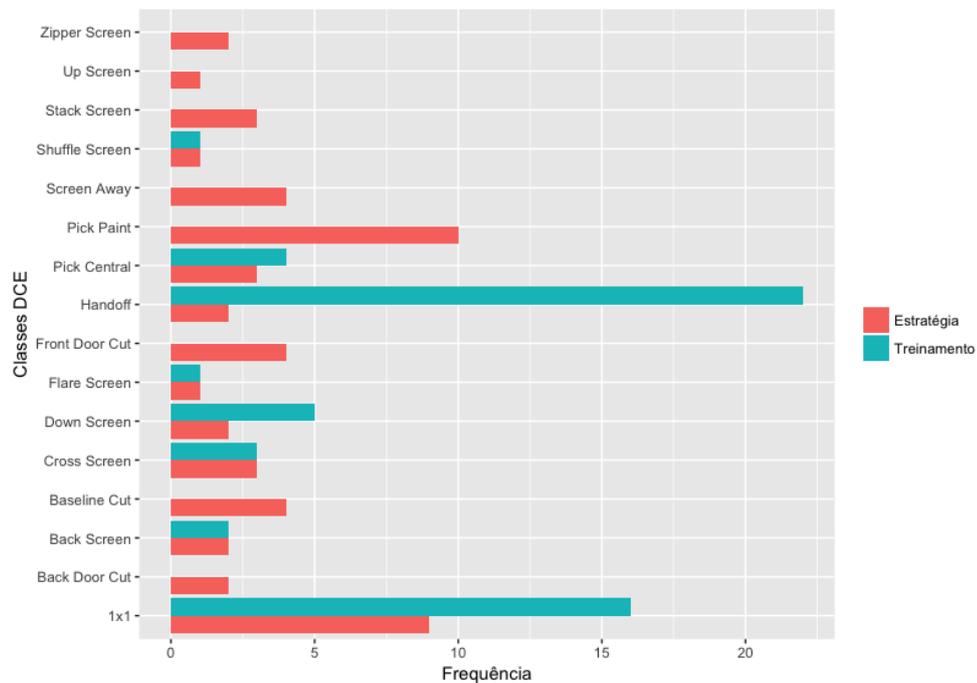


Figura 54 – ações DCEs presentes na estratégia e suas frequências nos treinamentos.

Treinamento x Jogo

Para esta análise, considerando cinco dias de treinos nos períodos de manhã e tarde antes e depois do jogo realizado na dia 21/02/2018. A Figura 55 apresenta a distribuição dos conteúdos treinados antes e após o jogo.

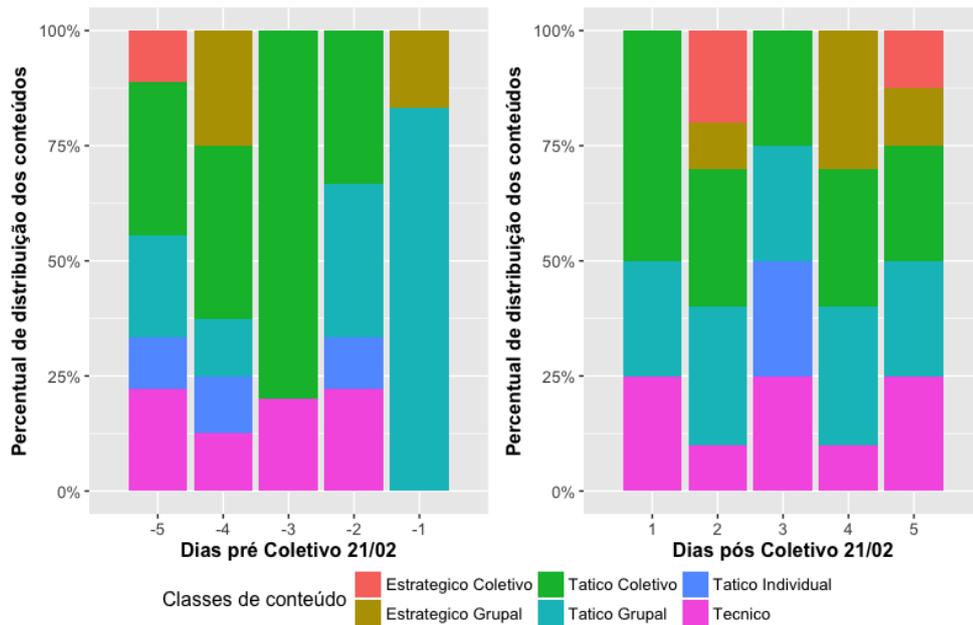


Figura 55 – Distribuição dos conteúdos de treino pré e pós jogo.

A Figura 56 mostra a frequência de jogadas que resultaram em sucesso e insucesso e suas frequências nos treinos anteriores ao jogo. Percebe-se que as jogadas “AGA”, “Roda”, “Trevo” e “Trinca” não obtiveram sucesso no jogo mesmo com uma considerável carga de treinamento.

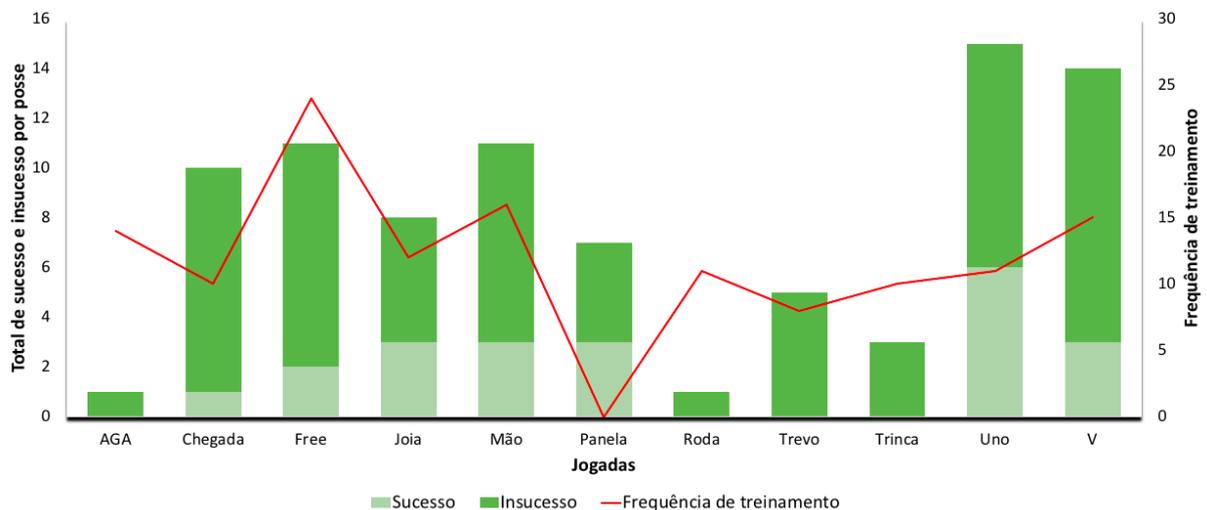


Figura 56 – Frequência de treinamento das jogadas x sucesso/insucesso no jogo.

Quanto as ações DCEs, a Figura 57 apresenta esta mesma análise. Destaca-se a ação “Cut” que com pouca frequência de treinos, obteve somente sucesso no jogo. Além disso, o “Pick” foi bastante acionado no jogo e com a maior frequências nos treinamentos.

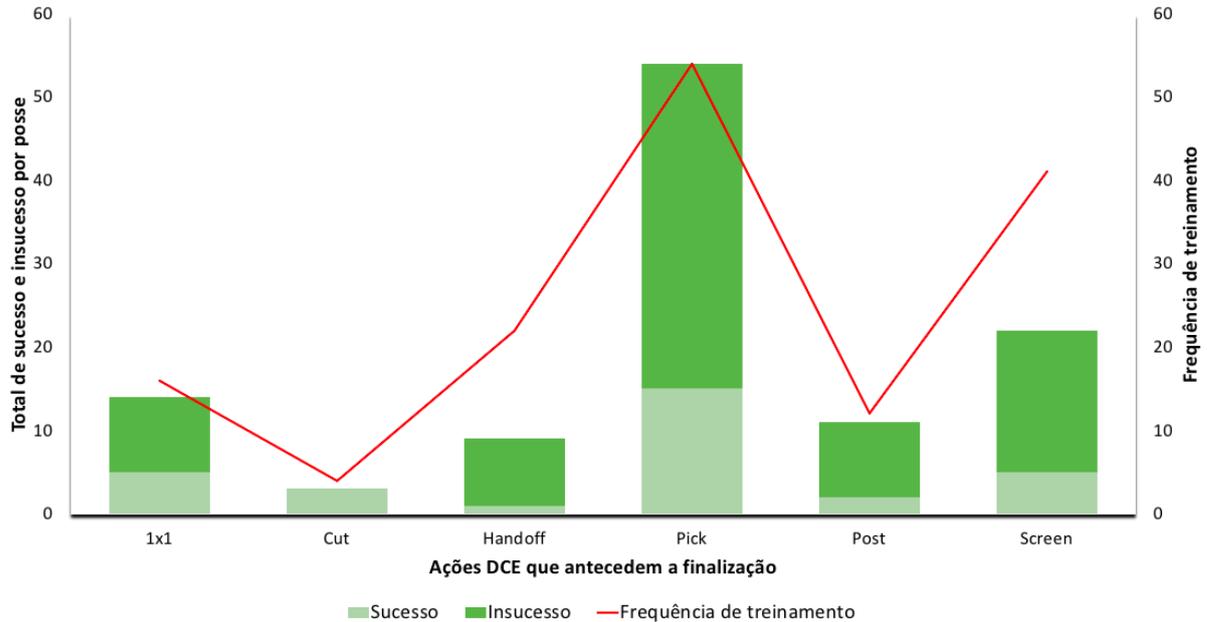


Figura 57 – Frequência de treinamento das ações DCEs x sucesso/insucesso das posses no jogo

Estratégia x Jogo

A visualização pelo grafo favorece a análise das jogadas que foram mais eficientes no jogo. Na Figura 58, o grau de sucesso no uso de cada jogada no jogo é indicado pela coloração dos nós. Quanto mais escuro o nó, maior o percentual de sucesso.

Quanto à aderência do conteúdo executado no jogo ao plano estratégico verificou-se que 73% das jogadas definidas previamente na estratégia foram realizadas em quadra. No entanto, essas jogadas representaram 34% de todas as posses de bola da equipe. Por fim, com relação ao aproveitamento, as posses em que se utilizou uma jogada planejada na estratégia resultou em um percentual de sucesso de 25%.

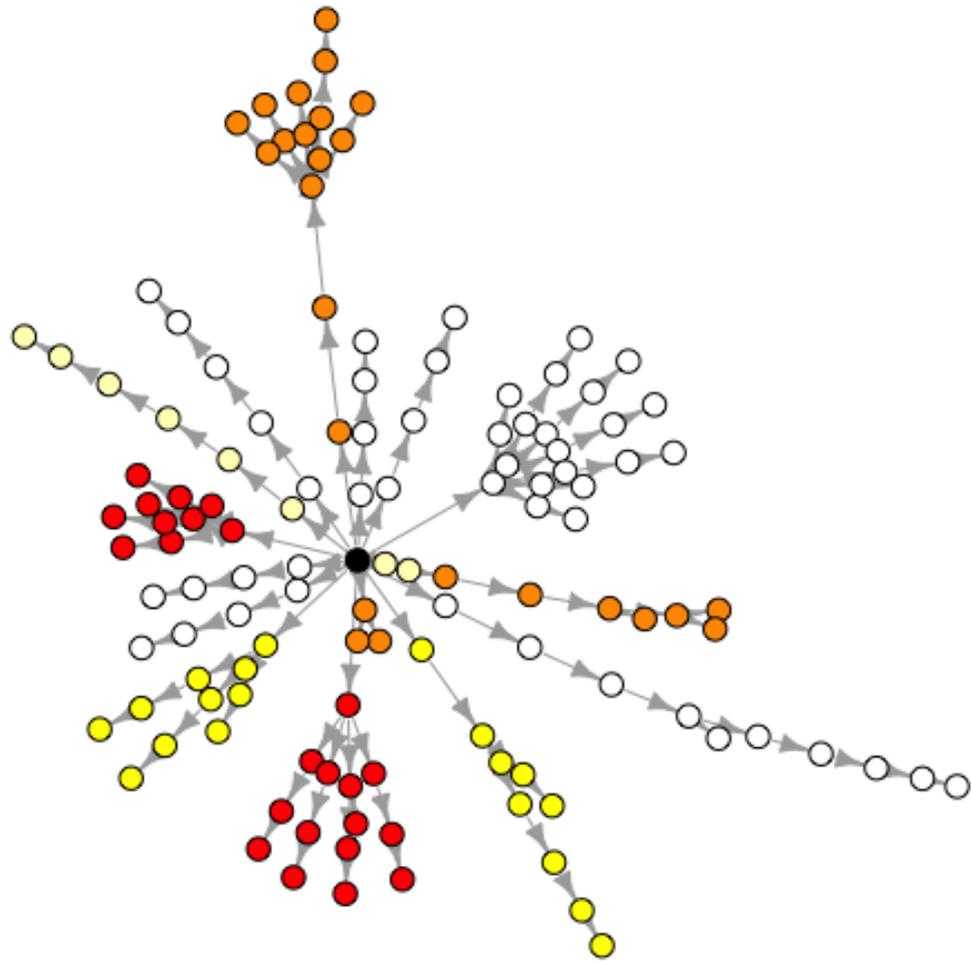


Figura 58 – Grafo da estratégia em função do resultado das jogadas em quadra. A cor branca indica que os estados destas jogadas não foram executas em quadra; a tonalidade vai do claro ao escuro de acordo com o percentual de sucesso. Quanto mais escuro maior o sucesso.

Análise preliminar comparativa do CVE para diferentes técnicos

Comparamos as estratégias de dois técnicos de Basquetebol a partir dos dados coletados pelo *Software* no módulo desenho da estratégia. A Figura 59 apresenta dois grafos representando as estratégias de duas equipes de Basquetebol. O grafo da primeira equipe apresentou uma densidade de 0.0068, o total 147 nós (i.e., unidade fundamental dos grafos que recebem conexões) e 6 nós de decisão. Enquanto o grafo da segunda estratégia apresentou uma densidade de 0.0078, 128 nós com 11 nós de decisão .

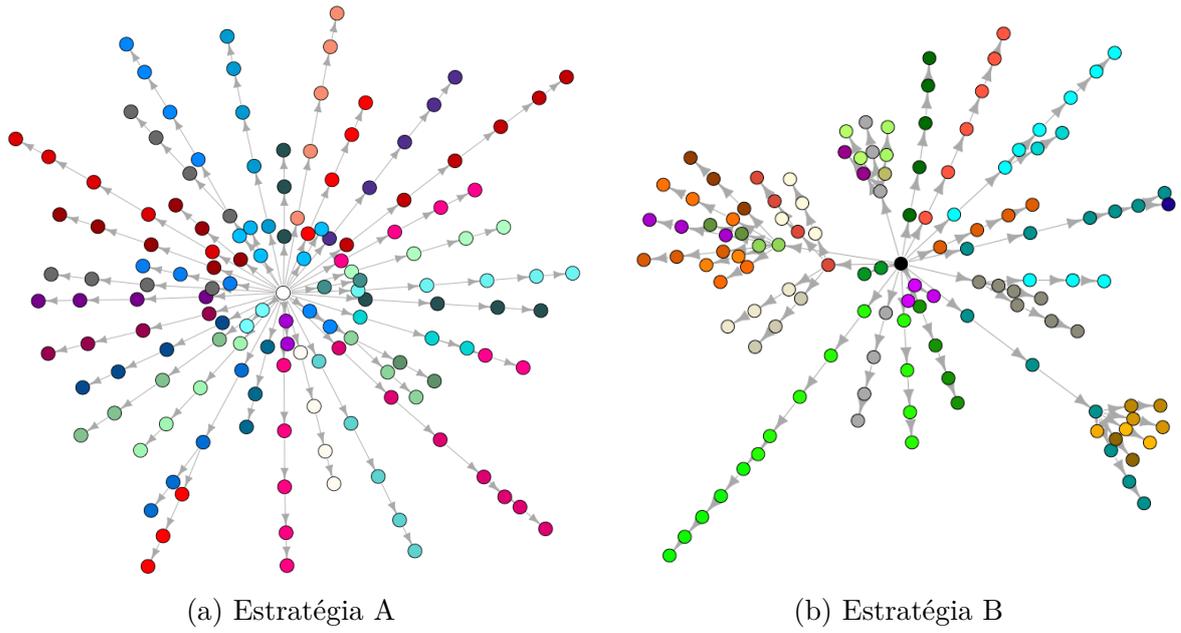


Figura 59 – Comparação topológica de duas estratégias representadas por grafos. Os estados foram representados pelos círculos e as conexões pelas setas. As cores de cada estado indicam que estes estados são transições de uma mesma jogada.

6 Discussão

A principal contribuição desse estudo foi a elaboração de um método de controle do ciclo de vida da estratégia, cuja implementação computacional permitiu o acesso a dados que anteriormente eram muito difíceis de se obter, por estarem registrados em papel, não vinculados a bancos de dados. A aquisição de dados por intermédio da ferramenta computacional desenvolvida no trabalho deu base para o desenvolvimento de um conjunto de métricas destinadas a analisar a eficiência de cada etapa do processo, além da interação entre as etapas, e sintetizá-las em uma análise da eficiência do aprendizado da estratégia. De acordo com a literatura consultada, este parece ser o primeiro trabalho em que o processo de preparação de uma equipe é analisado de maneira integrada e abordado consistentemente, a partir de uma única linguagem formal (LAMAS, 2012). Constitui, portanto, uma contribuição original tanto em aspectos teóricos quanto aplicados no âmbito dos esportes coletivos de invasão, pela evolução dos conceitos de CVE, pela implementação tecnológica (i.e., construção de *software*) e pela experimentação desta solução na prática diária de uma equipe.

Assim, este capítulo foi dividido em três partes. Na primeira foram discutidos os resultados conceituais. A segunda parte, a construção do sistema. E, terceiro, discutiu-se a aplicabilidade de modelo a partir de análises em cada etapa do CVE e suas interações.

6.1 Aperfeiçoamento do modelo do CVE

O avanço teórico no detalhamento do CVE ocorreu pela aplicação dos conceitos de decomposição e memória, que contribuíram para estruturar o fluxo de dados nas etapas do ciclo. O conceito de decomposição foi definido para sistematizar o uso do conteúdo estratégico nos treinamentos. Para aplicar a decomposição, foi necessário estruturar a categorização dos conteúdos de treinamento de modo a garantir a sua equivalência em cada etapa do CVE. Essa estruturação deu base para análises descritivas estruturadas, assim como análises preditivas de tendências de escolha de conteúdos e otimização da organização das sessões de treinamento.

A aplicação do conceito de memória contribuiu com a estruturação do armazenamento e acesso aos dados gerados no caso de implementação do CVE. Tendo em vista o caráter aplicado do CVE, este passo era fundamental para que o modelo pudesse realmente

ser usado na prática do processo de treinamento de uma equipe. A partir da formulação do conceito de memória foi possível organizar a abordagem quantitativa tendo em vista a testagem de hipóteses relacionada ao uso do CVE. Isso porque com uma estrutura de dados definida, foi possível definir maneiras de quantificá-los em cada etapa do ciclo e na interação entre as etapas.

Particularmente na etapa de treinamento do CVE, para ajustar a estrutura de dados aos requisitos de decomposição e memória, os conteúdos de treinamento foram organizados em classes de conteúdos principais e detalhados em um segundo nível de conteúdos (veja a Tabela 2). Este conjunto de categorias permite realizar análises precisas de tendências de uso de conteúdos de treinamento em diferentes equipes.

6.2 Implementação computacional do CVE

O sistema computacional desenvolvido foi concebido para tornar disponível um conjunto de dados até então de muito difícil acesso. Registros de estratégia e treinos costumam permanecer em documentos físicos de técnicos de Basquetebol. Ou, registros digitais mas não conectados a banco de dados. A indisponibilidade desses dados, até o momento, limitou a possibilidade de investigar quantitativamente aspectos ligados a preparação das equipes. Portanto, um compromisso no desenvolvimento do sistema foi sua fácil utilização por técnicos, auxiliando-o nas tarefas diárias de preparação da equipe.

Para cumprir com este objetivo, em um primeiro momento o treinador planeja sua estratégia e a materializa com um método rápido de desenho, baseado nos algoritmos de reconhecimento de traçado. Dessa forma, o foco permanece na atividade intelectual do técnico para conceber a estratégia e não no enfadonho esforço de ajustar estruturas como setas e afins para comunicar o que elaborou para a estratégia. Neste módulo, o técnico encontra interface de desenho das estratégias de acordo com a formalização do modelo da estratégia (LAMAS, 2012) sem perder requisitos como interface amigável, velocidade de desenho, playbooks. Além da geração automática do grafo da estratégia. Após, os conteúdos decompostos a partir das especificações estratégicas tornam-se disponíveis para a elaboração das sessões de treinamento, juntamente com os conteúdos das demais categorias de conteúdos de treino. O acesso é rápido a partir de listas de conteúdos para consulta e funções de *autocomplete* para agilizar a elaboração da sessão, se necessário. E relatórios vinculados à agenda de treinamento contribuem para informar frequência de treinamento

de determinado conteúdo em número de sessões ou em horas dedicadas, por exemplo. Por fim, no módulo de jogo, duas distintas abordagens foram implementadas no sistema. A primeira, oferece uma *interface* personalizada para a anotação de eventos de jogo em tempo real (i.e., durante a própria partida). Técnicos podem valer-se deste recurso para a tomada de decisão nos tempos técnicos munidos de informações descritivas dos conteúdos recém anotados. A segunda opção foi idealizada para anotar o máximo de conteúdo, inclusive da equipe adversária. Para isto, o sistema incluiu a possibilidade de anotação a partir de vídeos gravados do jogo.

Conjuntamente, as informações fornecidas pelo técnico em cada uma das etapas do CVE permite a confrontação com os dados das demais fases, organizando a retroalimentação do ciclo.

6.3 Aplicação do Modelo

A seguir, discutiremos os principais resultados obtidos neste experimento, em duas sub-seções: i) análises intra-etapa; e ii) análises inter-etapas.

Análises intra-etapa do CVE

Estratégia

Na etapa de desenho da estratégia, o uso do algoritmo de reconhecimento automático das ações desenhadas permitiu computar, de forma exata, todas as jogadas, estados, ações gerais e ações de DCEs da equipe.

Por intermédio da análise topológica por grafo, identificamos que a equipe estudada apresentou 11 nós de decisão (i.e., nós de bifurcação), com tendência a ocorrerem próximos as extremidades do grafo (regiões mais terminais das jogadas). Isto sugere que a variabilidade desta estratégia ocorre a partir de jogadas base, em frequência maior do que jogadas muito diferentes entre si desde seu início. Considerando a relação com o treinamento, isto pode ensejar mais facilidade de aprendizagem, pois aprender uma jogada e variar seus desfecho pode ser mais simples do que aprender jogadas inteiramente diferentes entre si.

Treinamento

No treinamento, a análise estrutural da progressão de carga de treinamento ao longo das semanas indicou que os conteúdos estratégicos coletivo e grupal tenderam a diminuir sua frequência ao longo do tempo (Figura 44). Embora preliminar, este resultado gera insumos para aprofundamentos relativos a dinâmica das cargas, na periodização do treinamento da equipe. A princípio, a diminuição da carga estratégica nas sessões de treino e aumento do conteúdo tático coletivo e grupal podem indicar a progressiva memorização do conteúdo estratégico, uma vez que segundo a definição, treinamentos estratégicos são realizados sem oposição. E a crescente necessidade de instanciar o conteúdo estratégico memorizado em situação real de jogo, com oposição (treinamento tático). Esta formulação corrobora com as formulações sobre periodização do treinamento, segundo a qual a natureza da carga progride em especificidade ao longo do tempo de preparação (CASTELO; LISBOA, 1996). Este tipo de análise teria um custo operacional proibitivo se toda a informação estivesse armazenada de forma não estruturada em e-mails, bloco de notas, cadernos em papel, agendas de treino, etc.

Ainda relativo a estrutura dos treinos, a análise preditiva realizada permitiu organizar sugestões de sequências de conteúdos a partir da ocorrência e associação de conteúdos em todas as sessões de treino (veja Tabela 4). A acurácia das regras de associação pode melhorar na medida em que o volume de dados de treinamento aumentar. Este tipo de estudo pode auxiliar técnicos a compreender tendências próprias na montagem de sessões de treinamento e também na realização de comparações entre diferentes técnicos.

Quanto aos conteúdos das sessões de treino, apresentamos todos os exercícios trabalhados pelo técnico em um mapa de árvore (veja Figura 46). Este mapa apresenta os conteúdos proporcionalmente distribuídos considerando a frequência com que foram realizados. Destaca-se nos resultados que o conteúdo “Jogadas” é bastante acionado nos treinos e com diferentes objetivos: tanto como um treino Tático Coletivo quanto como Estratégico Coletivo. Por outro lado, somente o exercício “Arremessos” compõe mais de 50% de toda frequência do grupo de exercícios Técnicos. Dentre outros resultados quantitativos, destaca-se a distribuição das sessões de treinamento entre conteúdos de ataque e defesa. O tempo de 45 horas dedicadas ao ataque foi superior as 32 horas de treinamentos de conteúdos de defesa. Este fenômeno pode ser explicado pelo fato dos

treinadores privilegiarem o ataque do time ou mesmo abordarem conteúdos de defesa dentro dos treinamentos de ataque.

Em relação a abordagem preditiva dos treinos, visando dar suporte à prescrição, deve-se levar em conta que a prescrição está diretamente condicionada à restrição de tempo, sendo tratada como um problema de otimização. Como os resultados obtidos em quadra estão diretamente relacionados com a aplicação de programas de treinamento eficientes (GRANELL; CERVERA, 2006), o estudo da prescrição do treino pode levar a resultados positivos para a equipe. O estudo da prescrição envolve os seguintes desafios: i) modelagem da otimização: uma prescrição sempre considera a relação ótima entre conteúdos treinados e uma janela de tempo; ii) uso de informação a priori: a cada nova temporada, o planejamento dos treinamentos e seleção de conteúdos pode tornar-se mais acurada, menos subjetiva, baseada nas análises das temporadas anteriores, gerando conhecimento prévio e aumentando o poder preditivo das análises; iii) aprendizado de técnicos: juntamente com a sugestão de conteúdo a partir das análises de tendências, a prescrição pode ser utilizada para a construção de um sistema inteligente, criando propostas de planejamentos a partir de tendências verificadas dos técnicos.

Jogo

Ambas equipes apresentaram elevada variabilidade em suas atuações, indicada pela diversidade de jogadas utilizadas (Figura 49). No detalhamento da variabilidade, as DCEs que antecederam a finalização foram relacionadas com o resultado da jogada (Figura 50). Particularmente, a ação “Cut” foi a mais efetiva para ambas equipes (100%). A ação “Screen” para o time Verde não teve a mesma efetividade do time Laranja. O “Pick” para a equipe Laranja teve maior frequência e eficiência do que a equipe Verde.

Utilizamos a técnica de árvore de decisão para investigar padrões de conteúdos estratégicos nas jogadas das equipes. Os resultados indicam diferenças evidentes nas escolhas feitas por ambas equipes (vide Figuras 51 e 52). Para a equipe Laranja, o sucesso pode ser explicado por uma combinação de diversos fatores, tais como jogada, defesa e desequilíbrio, resultando em 36%. Por outro lado, para a equipe Verde, somente o fato de ter optado por algumas jogadas (e.g. Aga, Chegada, Free, Mão, Trevo, Trinca, Uno, Uno B, Uno D, Uno P, V e V L) foi suficiente para atingir elevado percentual de insucesso (92%). Somente quando o time Verde executou as jogadas Uno L, Roda, Joia, Panela ou

optou por um desfecho tático (e não estratégico), o percentual foi reduzido, aproximando-se do sucesso, ainda que permanecendo superior (i.e. 60% negativo por 40% positivo). Interessante notar que a equipe Laranja apresentou diversidade de conteúdos estratégicos bastante superior à equipe Verde.

Análises inter-etapas do CVE

Estratégia x Treinamento

A relação entre os conteúdos planejados na estratégia e sua ocorrência nas sessões de treinamento foram investigadas em dois níveis: i) jogadas; e ii) ações DCEs. Somente três jogadas não foram treinadas apontando para elevada adesão ao planejamento realizado por esta equipe. Por outro lado, há muitas jogadas com pouco frequência e volume de treinos. Uma explicação para este fato é que os treinos ainda estão no primeiro trimestre do ano, conseqüentemente, pode estar contemplado no planejamento a apresentação gradual do conteúdo estratégico ao longo da temporada. Com relação as ações DCEs, o *Handoff* foi a ação mais treinada com grande destaque. A explicação deste fato é que o *Handoff* foi utilizado nas sessões de treinamento também com outros objetivos, por exemplo, para treinar jogadas, conceitos defensivos e de transição. Como objeto principal da sessão de treinamento, o *Handoff* esteve presente em cinco treinos. Ambas análises auxiliam o treinador a compor futuras sessões de treino ajustando o volume de cada ação planejada, à quantidade de ações presentes em todas as jogadas ou algum outro critério de sua escolha. E assim é possível medir a proporção de treinos de conteúdos estratégicos da equipe.

Treinamento x Jogo

Na análise da interação entre treinamento e jogo, verificou-se uma diminuição de treinamentos de conteúdos estratégicos antes do jogo (Figura 55), indicando a migração de conteúdos básicos para específicos. Por se tratar da fase de pré-temporada, após o jogo, estas classes de conteúdo foram retomadas nos treinos.

Investigando as frequências de jogadas e DCEs observa-se que algumas jogadas apresentaram grandes volumes de treinamento mas, mesmo assim, não apresentaram sucesso no jogo. Por outro lado, duas jogadas em especial (Panela e Joia) apresentaram

uma relação positiva entre taxa de sucesso e carga de treinamento. Ou seja, estas jogadas foram bem executadas no jogo mesmo tendo uma carga menor de treinamento. A análise da produtividade das jogadas por essa perspectiva pode ajudar o técnico a decidir sobre quais jogadas priorizar em futuros treinamentos. De forma análoga, para as DCEs verificou-se que o *Cut* teve também uma relação positiva entre a taxa de sucesso e a carga de treinamento. Enquanto o *Handoff* obteve somente um sucesso de nove tentativas, mesmo com uma carga de treinamento acima de vinte sessões.

Estratégia x Jogo

Para a análise da relação entre a estratégia e o sucesso de sua execução no jogo, a visualização do grafo atualizado com a informação sobre a taxa de sucesso de suas arestas (Figura 58) se mostrou adequada para uma identificação rápida do êxito na execução da estratégia. Esta proposta está alinhada com as sugestões de Lamas (2012), segundo as quais a visualização da topologia do grafo da estratégia pode auxiliar o treinador a interpretar se o que foi planejado está realmente ocorrendo nos jogos. A considerável proporção de jogadas não realizadas (cor branca) ou com baixo percentual de êxito (cores mais claras) pode ter sido influenciada pelo fato do jogo ter ocorrido na pré-temporada, momento em que a equipe ainda está aprendendo sua própria estratégia.

A variabilidade do êxito das jogadas pode ser um ponto de partida para definir um conjunto de métricas que permitam analisar a eficiência do CVE para gerar aprendizado coletivo da estratégia. Assumindo como referência o êxito no jogo, pode-se convencionar que aprender a estratégia significa executar as jogadas, não necessariamente todas, e ter êxito nesta execução. A granularidade dos dados (i.e., subdivisões do formato dos dados) permite inclusive analisar o êxito não a partir de pontos convertidos, simplesmente, mas pela vantagem criada na execução das DCEs.

Para a construção da análise da aprendizagem da estratégia, o presente estudo cumpre um requisito metodológico fundamental. A definição de métricas intra- e intermódulos deverá dar subsídios para se interpretar quais informações deverão ser extraídas de cada etapa tendo como objetivo explicar a eficiência obtida. No presente estudo a aderência foi de 73% mas em apenas 34% das posses de bola. É possível depreender desses dois valores que, possivelmente, houve memorização de ao menos boa parte das jogadas da estratégia. Porém, a construção coletiva para execução dessas jogadas era ainda precária.

A equipe não conseguiu superar as restrições defensivas em 66% das posses de bola para, ao menos, executar sua estratégia. Este raciocínio aponta para a etapa de treinamento, na qual os conteúdos estratégicos, desde que memorizados, podem ser praticados com oposição (conteúdos táticos coletivos, grupais e individuais) justamente para serem executados em situação de jogo. Corrobora com este raciocínio o baixo aproveitamento de posses nas quais jogadas foram executadas (25% de aproveitamento). O baixo aproveitamento pode decorrer do mesmo problema. A inabilidade de lidar com a oposição pode ter levado a equipe a não executar bem suas jogadas a ponto de criar situações realmente favoráveis para pontuar.

Em síntese, o problema de aprendizado da estratégia demonstra ser bastante complexo. E, pela primeira vez vislumbra-se abordá-lo justamente por haver dados disponíveis compatíveis com as possibilidades de aborda-lo. Um desdobramento natural deste trabalho é, portanto, o refinamento do método para se medir aprendizado da estratégia partindo-se dos dados do CVE e das medidas intra- e inter-etapas do CVE apresentados nesta pesquisa.

Análise preliminar comparativa do CVE para diferentes técnicos

A partir das análises topológicas do grafo da estratégia, foi possível comparar padrões estruturais das estratégias entre diferentes técnicos. Nossos achados, mostraram que o técnico da estratégia A (59) apresenta jogadas com menos bifurcações que a estratégia B. Este fato pode estar relacionado com o grau de imprevisibilidade das ações em quadra. Bifurcações são pontos de decisão, nos quais os jogadores podem optar por outro caminho igualmente previsto na estratégia da equipe. A estrutura da estratégia da equipe B parece ter vantagens para sua memorização. Isso porque existem jogadas-base a partir das quais surgem bifurcações mais a frente. Memoriza-la pode ser mais simples, podendo ser considerado seu uso para equipes de categorias de base, com jogadores menos experientes.

De acordo com o exposto até então, a implementação de um sistema computacional para aplicação do Ciclo de Vida da Estratégia apresenta-se como um meio tecnológico capaz de atender a finalidade do controle do desempenho no Basquetebol. Ao cumprir com o rigor metodológico da definição do CVE, de maneira original, o método aplicado possibilitou múltiplas análises (i.e. intra- e inter-módulos, descritivas e preditivas) que anteriormente eram inviáveis. Primeiro, quantificou vários componentes extraídos dos desenhos de estratégias. Segundo, diferentes análises destacaram estruturas, padrões e

conteúdos das sessões de treinamentos. Finalmente, os elementos estratégicos executados nos jogos puderam ser avaliados conforme suas aplicações nos treinos.

7 Conclusão

O resultado deste trabalho pode contribuir para a atuação profissional de técnicos em diferentes níveis de competição. Equipes podem construir, ao longo do tempo, uma rara e rica base de conhecimento. Técnicos poderão se valer de todas as análises apresentadas para tomar decisões, rever e melhorar todo o processo de preparação do time. Jogadores poderão se beneficiar a partir de treinos específicos, com conteúdos precisos e reavaliados a cada nova retroalimentação.

Uma possível ampliação da base de dados do CVE decorrente do uso sistemático do *Software* também pode contribuir para futuros estudos no campo da Ciência de Dados. Por exemplo, identificação de padrões de jogo, previsão do resultado de uma posse em tempo real, sugestão do melhor tipo de defesa para um determinado ataque, diagnóstico de falhas no processo de treinamento, prescrição de treinamentos personalizados para os jogadores. Além disso, evoluções poderão ser implementadas para: i) construção de um ambiente 3D de visualização de jogadas para melhorar o aprendizado do time; ii) reconhecimento em vídeos das ações base da equipe no jogo; iii) criação de uma plataforma *web* colaborativa para integração de técnicos de todos os perfis e níveis competitivos; e iv) generalização da plataforma para aplicação do método em outros esportes de invasão.

Referências

- 4TAPS. *Brasileirão Pro 2018 - Série A e B*. 2018. Disponível em: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.fourtaps.brpro>>.
- ALEXANDRE, D. et al. Heart rate monitoring in soccer: interest and limits during competitive match play and training, practical application. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, LWW, v. 26, n. 10, p. 2890–2906, 2012.
- APPTIMIZED. *Ball in Stats - Basketball*. 2016. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=apptimized.android.stats.basketball&hl=pt_BR>.
- BASKETBALL, B. *Breakthrough Stats*. 2013. Disponível em: <<https://itunes.apple.com/us/app/breakthrough-stats/id589626454?ls=1&mt=8>>.
- BAUER, F. *Software engineering: report on a conference sponsored by the NATO Science Committee, Garmisch, Germany, 7th to 11th October 1968*. [S.l.]: Scientific Affairs Division, NATO, 1969.
- BAYER, C. *La enseñanza de los juegos desportivos colectivos*. [S.l.]: Hispano Europea, 1986.
- BECK, K. et al. Manifesto para desenvolvimento agil de software. *AGILE manifesto*, 2001.
- BERKELAAR, M. *lpSolve: Interface to Lpsolve to Solve Linear Integer Programs*. [S.l.], 2015. 5.6.13. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/lpSolve/index.html>>.
- BETRÁN, J. O.; CAMÍ, J. T. Génesis y etapas evolutivas del baloncesto como deporte contemporáneo. tablas cronológicas (1891-1992). *Apunts*, v. 34, p. 6–42, 1993.
- BIALKOWSKI, A. et al. Large-scale analysis of soccer matches using spatiotemporal tracking data. In: IEEE. *Data Mining (ICDM), 2014 IEEE International Conference on*. [S.l.], 2014. p. 725–730.
- BLACKBELT. *iScout Basketball Pro*. 2011. Disponível em: <<https://itunes.apple.com/us/app/iscout-basketball/id395122038?mt=8>>.
- BRINK, M. S. et al. Monitoring load, recovery, and performance in young elite soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, LWW, v. 24, n. 3, p. 597–603, 2010.
- BRUSSO, M. J. Access miner: uma proposta para a extração de regras de associação aplicada à mineração do uso da web. 2000.
- CANADADROID. *Basquetebol Fanático*. 2018. Disponível em: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.wanxing.basketball>>.
- CANICA. *Basketball Coach*. 2012. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.canica.apps.basket&hl=pt_BR>.
- CASTELO, J.; LISBOA, U. T. de. *Metodologia do treino desportivo*. [S.l.: s.n.], 1996.

- CHESHIRE, E.; HALASZ, C.; PERIN, J. Player tracking and analysis of basketball plays. 2015.
- COACH TOOLS. *NS Basket Scout*. 2015. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=appinventor.ai_nsalvaro77.NSBasketScout>.
- COSTA, I.; PIRES, C.; MARINHO, L. *Capítulo 2 Sports Analytics: Mudando o Jogo*. [S.l.: s.n.], 2017. 30-62 p.
- CSARDI, G.; NEPUSZ, T. The igraph software package for complex network research. *InterJournal, Complex Systems*, p. 1695, 2006.
- CYBIS, W. de A.; BETIOL, A. H.; FAUST, R. *Ergonomia e Usabilidade 3ª edição: Conhecimentos, Métodos e Aplicações*. [S.l.]: Novatec Editora, 2015.
- DENNIS, A.; WIXOM, B. H.; ROTH, R. M. *Systems analysis and design*. [S.l.]: John wiley & sons, 2008.
- DORF, R.; BISHOP, R. *Sistemas de controle modernos*. LTC, 2009. ISBN 9788521617143. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=pT4bQAAACAAJ>>.
- ELECTRO, P. *Polar*. 2018. Disponível em: <https://www.polar.com/br/produtos_b2b/team_sports/team_pro>.
- ELMASRI, R.; NAVATHE, S. *Database systems*. [S.l.]: Pearson Education Boston, MA, 2011. v. 9.
- EUROPE, F. *Basketball Coaching*. 2016. Disponível em: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.fibaeurope.coaching.app>>.
- EVANS, J. R.; LINDNER, C. H. Business analytics: the next frontier for decision sciences. *Decision Line*, v. 43, n. 2, p. 4-6, 2012.
- EVARISTO, J.; CRESPO, S. Aprendendo a programar programando numa linguagem algorítmica executável (ila). *Book Express*, 2000.
- FAYYAD, U. M. et al. Knowledge discovery and data mining: Towards a unifying framework. In: *KDD*. [S.l.: s.n.], 1996. v. 96, p. 82-88.
- FELLOWS, I. *wordcloud: Word Clouds*. [S.l.], 2014. 2.5. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/wordcloud/index.html>>.
- FITIVITY. *Basketball Training*. 2014. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.fitivity.basketball_drills>.
- FOCUS. *Focus Performance*. 2003. Disponível em: <http://www.performanceinnovation.net/about_us>.
- FREE SPORT. *Basquete Move*. 2015. Disponível em: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.sportsapps.basketball.moves>>.
- FREE SPORT. *Treinamento de Basquetebol*. 2015. Disponível em: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.sportsapps.basketball.training>>.

- FUTURSPORTS. *Grupo FuturSPORTS*. 2017. Disponível em: <<http://futursports.com.br/modalidades/baloncesto/descricao-sumaria-do-basketstar-5/index.html>>.
- GAMA, J. Árvores de decisão. *Palestra ministrada no Núcleo da Ciência de Computação da Universidade do Porto, Porto*, 2002.
- GARCIA-MOLINA, H.; ULLMAN, J.; WIDOM, J. *Database Systems: The Complete Book*. [S.l.]: Pearson Prentice Hall, 2009. (Pearson international edition). ISBN 9780131873254.
- GONSALVES, E. Regras de associação e suas medidas de interesse objetivas e subjetivas. *INFOCOMP*, v. 4, n. 1, p. 26–35, 2004. ISSN 1982-3363.
- GOOGLE. *Google material design*. [S.l.], 2014. Disponível em: <<https://material.io/>>.
- GOYVAERTS, J.; LEVITHAN, S. *Regular expressions cookbook*. [S.l.]: Oreilly, 2009.
- GRANELL, J. C.; CERVERA, V. R. *Teoría y planificación del entrenamiento deportivo (LIBRO+ CD)*. [S.l.]: Editorial Paidotribo, 2006. v. 24.
- GREHAIGNE, J.-F.; BOUTHIER, D.; DAVID, B. Dynamic-system analysis of opponent relationships in collective actions in soccer. *Journal of Sports Sciences*, Taylor & Francis, v. 15, n. 2, p. 137–149, 1997.
- GRÉHAIGNE, J.-F.; GODBOUT, P. Tactical knowledge in team sports from a constructivist and cognitivist perspective. *Quest*, Taylor & Francis, v. 47, n. 4, p. 490–505, 1995.
- GYÖRÖDI, C.; GYÖRÖDI, R.; HOLBAN, S. A comparative study of association rules mining algorithms. In: *Hungarian Joint Symposium on Applied Computational Intelligence, Oradea*. [S.l.: s.n.], 2004.
- HAHSLER, M. et al. *arules: Mining Association Rules and Frequent Itemsets*. [S.l.], 2018. 1.6-1. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=arules>>.
- HAHSLER, M.; CHELLUBOINA, S. Visualizing association rules: Introduction to the r-extension package arulesviz. *R project module*, p. 223–238, 2011.
- HALSON, S. L. Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine*, v. 44, n. 2, p. 139–147, 2014.
- HAN, J.; PEI, J.; KAMBER, M. *Data mining: concepts and techniques*. [S.l.]: Elsevier, 2011.
- HAYAVA. *Basketball Stats Pro*. 2012. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.hayava.android.basketballPro&hl=pt_BR>.
- HEESCH, D. v. *Doxygen—source code documentation generator tool*. 2008.
- HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. *Introdução à pesquisa operacional*. [S.l.]: McGraw Hill Brasil, 2013.
- HIPP, J.; GÜNTZER, U.; NAKHAEIZADEH, G. Algorithms for association rule mining—a general survey and comparison. *ACM sigkdd explorations newsletter*, ACM, v. 2, n. 1, p. 58–64, 2000.

- IDEAS, C. *BasketBall Board for Basket Coaches*. 2015. Disponível em: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=air.basketballeditor>>.
- INDEXSISTEMAS. *isSport*. 2018. Disponível em: <<http://www.indexsistemas.com.br/sistema-de-gestao-issport>>.
- JARGAS, A. M. *Expressoes Regulares-Uma abordagem divertida*. [S.l.]: Novatec Editora, 2006.
- JERÔNIMO, R. et al. Modelagem da carga de treinamento estratégica, tática e técnica no basquetebol. 2016. Manuscrito em preparação para publicação.
- JES-SOFT. *Basketball Playbook*. 2015. Disponível em: <<http://www.jes-soft.com/playbook/index.html>>.
- KENDAL, S. *Object oriented programming using C*. [S.l.]: Bookboon, 2011.
- KLUSEMANN, M. J. et al. Online video-based resistance training improves the physical capacity of junior basketball athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, LWW, v. 26, n. 10, p. 2677–2684, 2012.
- KLUSEMANN, M. J. et al. Optimising technical skills and physical loading in small-sided basketball games. *Journal of Sports Sciences*, Taylor & Francis, v. 30, n. 14, p. 1463–1471, 2012.
- KNIBERG, H. Scrum e xp direto das trincheiras. *Editora C4 Media, Publisher of InfoQ.com*, 2007.
- LAMAS, L. *Modelagem estratégico-tática em esportes coletivos de invasão: aplicação ao basquetebol*. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2012.
- LAMAS, L. et al. Invasion team sports: strategy and match modeling. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, Cardiff Metropolitan University, v. 14, n. 1, p. 307–329, 2014.
- LAMAS, L. et al. Team sports modeling: building a framework for quantitative approaches. In: *Jogos Desportivos: formação e investigação*. [S.l.: s.n.], 2013. v. 4, p. 439–462.
- LAMAS, L. et al. Space creation dynamics in basketball offence: validation and evaluation of elite teams. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, Taylor & Francis, v. 11, n. 1, p. 71–84, 2011.
- LAMAS, L.; OTRANTO, G.; BARRERA, J. Computational system for strategy design and match simulation in team sports. In: SPRINGER. *Proceedings of the 10th International Symposium on Computer Science in Sports (ISCSS)*. [S.l.], 2016. p. 69–76.
- LAMAS, L. et al. Modeling the offensive-defensive interaction and resulting outcomes in basketball. *PloS one*, Public Library of Science, v. 10, n. 12, p. e0144435, 2015.
- LAMAS, L. et al. Inference of team sports strategies based on a library of states: application to basketball. In: *Proceedings of the 2014 KDD Workshop on Large-Scale Sports Analytics*. [S.l.: s.n.], 2014.
- LAMES, M. Modelling the interaction in game sports—relative phase and moving correlations. *Journal of Sports Science and Medicine*, v. 5, n. 4, p. 556–560, 2006.

LAMES, M.; HANSEN, G. Designing observational systems to support top-level teams in game sports. *International Journal of Performance Analysis in Sports*, v. 1, n. 1, p. 83–90, 2011.

LEBED, F. A dolphin only looks like a fish: Players' behaviour analysis is not enough for game understanding in the light of the systems approach—a response to the reply by mcgarry and franks. *European Journal of Sport Science*, Taylor & Francis, v. 7, n. 1, p. 55–62, 2007.

LIBERTY, J. *Programming C#: Building .NET Applications with C*. [S.l.]: O'Reilly Media, Inc, 2005.

LLC, E. S. *Evolve Basketball App*. 2016. Disponível em: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=www.evolvebasketballapp.com>>.

LUCEY, P. et al. Assessing team strategy using spatiotemporal data. In: ACM. *Proceedings of the 19th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining*. [S.l.], 2013. p. 1366–1374.

MATIAS, C. J. A. d. S.; GRECO, P. J. Knowledge tactical-strategic of setter's champions brazilian volleyball: members of teams adolescent and adult high level. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, SciELO Brasil, v. 25, n. 3, p. 513–535, 2011.

MAVERICK, V. *ASP.NET MVC 5: Building Your First Web Application (A Beginner's Guide)*. [S.l.]: C# CORNER, 2016.

MILBORROW, S. *Plot 'rpart' Models: An Enhanced Version of 'plot.rpart'*. [S.l.], 2018. 2.2.0. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/rpart.plot/rpart.plot.pdf>>.

OHNO, Y.; MIURA, J.; SHIRAI, Y. Tracking players and estimation of the 3d position of a ball in soccer games. In: IEEE. *Pattern Recognition, 2000. Proceedings. 15th International Conference on*. [S.l.], 2000. v. 1, p. 145–148.

ORTIZ, A. *Estatísticas de Basquete*. 2016. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.aortizga.soft.basketball&hl=pt_BR>.

PÉREZ, M. A. et al. Software for planning sport training: basketball application. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, Cardiff Metropolitan University, v. 3, n. 2, p. 79–89, 2003.

PHILLIPS, D.; FEDERATION, I. A. B. *The Evolution of International Basketball Rules and Their Effect Upon the Game*. Springfield College, 1990. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=YS9RngEACAAJ>>.

PHILLIPS, P. et al. *Cambridge dictionaries online*. 2015. Disponível em: <<http://dictionary.cambridge.org/>>.

PINTO, D. et al. Estudo de caso, planeamento do treino de jovens basquetebolistas, análise das “cargas” de treino, em dois escalões diferenciados, de um treinador de referência. *La enseñanza y el entrenamiento del baloncesto. II*, 2003.

PPNDRD. *BBScout - BasketBall Scout*. 2017. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=it.ecorradini.bb scout&hl=pt_BR>.

- PRADO, D. *Programação linear*. [S.l.]: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.
- PROCTER, P.; ILSON, R. F. *Longman dictionary of contemporary English*. Longman Harlow,, England, 1981. Disponível em: <<http://www.ldoceonline.com/>>.
- RAMAKRISHNAN, R.; GEHRKE, J. *Sistemas de gerenciamento de banco de dados*. 3ed. ed. [S.l.]: McGraw Hill Brasil, 2008. ISBN 9788563308771.
- RIERA, J. R. *Estrategia, táctica y técnica deportivas*. [S.l.]: Apunts, 1995. v. 39. 45–56 p.
- SAMPAIO, J.; LAGO, C.; DRINKWATER, E. J. Explanations for the united states of america’s dominance in basketball at the beijing olympic games (2008). *Journal of Sports Sciences*, Routledge, v. 28, n. 2, p. 147–152, 2010.
- SAMPEDRO, J. *Fundamentos de la Táctica Deportiva*. [S.l.]: Gymnos Editorial, Madrid, 1999.
- SANTANA, F. L. *Validação de uma estrutura de análise ofensiva no basquetebol baseada no sequenciamento de dinâmicas de criação de espaço*. Dissertação (Mestrado) — Universidade de São Paulo, 2016.
- SANTANA, F. L. et al. Space protection dynamics in basketball: validation and application to the evaluation of offense-defense patterns. *Motriz: Revista de Educação Física*, SciELO Brasil, v. 21, n. 1, p. 34–44, 2015.
- SANTANA, W. C. d. et al. A visão estratégico-tática de técnicos campeões da liga nacional de futsal. 2008.
- SAS, S. *SportEasy*. 2018. Disponível em: <<https://www.sporteasy.net/pt/sports/football/>>.
- SCHUMAKER, R. P.; SOLIEMAN, O. K.; CHEN, H. *Sports Data Mining*. 1st. ed. [S.l.]: Springer Publishing Company, Incorporated, 2010. ISBN 144196729X, 9781441967299.
- SCHWABER, K.; SUTHERLAND, J. Guia do scrum: Um guia definitivo para o scrum: As regras do jogo.[sl]. *Citado na*, p. 42, 2013.
- SCOUT, D. *DS Basketball*. 2013. Disponível em: <<https://itunes.apple.com/us/app/ds-basketball/id574429868?mt=8>>.
- SILBERSCHATZ, A.; KORTH, H.; SUNDARSHAN, S. *Sistema de banco de dados*. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2016.
- SILVA, M. V. et al. Estratégia e tática no futsal: uma análise crítica. *Caderno de Educação Física e Esporte*, v. 10, n. 19, p. 75–84, 2011.
- SOMMERVILLE, I. *Engenharia de software*. [S.l.]: Pearson Prentice Hall, 2011. ISBN 9788579361081.
- SOUKUP, J. *Basketball Tactic Board*. 2016. Disponível em: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.jenda.basketballboard>>.
- SPEELPENNING, J.; DAUX, P.; GALLUS, J. *Data Modeling and Relational Database Design: Student Guide*. [S.l.]: Oracle Corporation, 2001.

SPORIŠ, G. et al. The latent structure of standard game efficiency indicators in basketball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, v. 6, n. 1, p. 120–129, 2006.

SPORTS, F. *FastDraw*. 2003. Disponível em: <<https://fastmodelsports.com/products/fastdraw-play-diagramming-software>>.

SPORTS, F. *FastScout*. 2003. Disponível em: <<https://fastmodelsports.com/products/fastscout-report-software>>.

STARLING. *Starling*. 2018. Disponível em: <<http://site.starling.com.br/futebol.php>>.

SUTHERLAND, J. *Scrum: a arte de fazer o dobro do trabalho na metade do tempo*. [S.l.]: Leya, 2016.

TECH, I. K. *FC Barcelona Official Keyboard*. 2018. Disponível em: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.kikatech.keyboard.theme.fcbarcelona>>.

TEMMA SOFTWARE. *TacticalPad Basketball*. 2012. Disponível em: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.clansoft.tacticalpadbasketlite>>.

TENNEKES, M.; ELLIS, P. *treemap: Treemap Visualization*. [S.l.], 2017. 2.4-2. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/treemap/index.html>>.

TEOREY, T. J. et al. *Database Modeling and Design: Logical Design*. 5th. ed. [S.l.]: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2011. ISBN 0123820200, 9780123820204.

THERNEAU, T.; ATKINSON, B.; RIPLEY, B. *rpart: Recursive Partitioning and Regression Trees*. [S.l.], 2018. 4.1-13. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/rpart/index.html>>.

TURBOSTATS. *TurboStats for Basketball*. 1992. Disponível em: <<http://www.turbostats.com/basketballtraining.html>>.

UNITY3D. *Unity Test Runner*. 2018. Disponível em: <<https://docs.unity3d.com/Manual/testing-editor-test-runner.html>>.

UNITYTECHNOLOGIES. *Unity Technologies Multiplatform*. 2017. Disponível em: <<https://unity3d.com/pt/unity/multiplatform>>.

WARD, P.; ECCLES, D. W. A commentary on “team cognition and expert teams: Emerging insights into performance for exceptional teams”. Taylor & Francis, 2006.

WEI, X. et al. Large-scale analysis of formations in soccer. In: IEEE. *Digital Image Computing: Techniques and Applications (DICTA), 2013 International Conference on*. [S.l.], 2013. p. 1–8.

WICKHAM, H. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. [S.l.]: Springer-Verlag New York, 2009. ISBN 978-0-387-98140-6.

ZELIČ, I. et al. Induction of decision trees and bayesian classification applied to diagnosis of sport injuries. *Journal of Medical Systems*, Springer, v. 21, n. 6, p. 429–444, 1997.