

# BEFASTER: A APLICAÇÃO LÚDICA DA ENGENHARIA PARA A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO

BEFASTER: THE PLAYFUL APPLICATION OF ENGINEERING FOR THE CONSTRUCTION OF KNOWLEDGE

Júlia Cortez<sup>1</sup>, Fernando Passold<sup>2</sup>

## RESUMO

O trabalho a seguir descreve o desenvolvimento de um jogo criado a partir dos conteúdos administrados nas disciplinas de Circuitos Digitais I (EEE113) e Circuitos Digitais II (EEE120) do curso de Engenharia Elétrica da Universidade de Passo Fundo. O desenvolvimento deste jogo surgiu como opção de avaliação para a disciplina de Circuitos Digitais II e seu desenvolvimento contou com os conhecimentos adquiridos nas disciplinas em questão. Tal circuito conta apenas com o uso de componentes discretos, sem microcontrolador ou parte programável, apenas hardware. Como opção de avaliação optou-se pelo desenvolvimento de um circuito lúdico ao invés de um relógio digital ou medidor de RPMs, por exemplo. O jogo, que acabou por ser chamado de *Befaster*, foi projetado pelos acadêmicos do 5º nível, em conjunto com o professor das matérias abordadas e pode ser definido como uma “grande aplicação de dois semestres”. A proposta está baseada na ideia de colocar a teoria em prática, tendo em vista a formação de um aprendizado mais significativo, uma vez que torna o aluno um agente atuante e não um mero espectador. Envolvendo, assim, a interação com suas dúvidas e a busca de possíveis soluções de problemas. Acredita-se que isso mostra ao estudante a dimensão do que realmente é a engenharia, possibilitando novas reflexões que, muitas vezes, não são perceptíveis em sala de aula.

**Palavras-chave:** projeto; jogo; eletrônica digital.

## ABSTRACT

The following article describes the development of a game created through the contents administrated on the Digital Circuits I (EEE113) and Digital Circuits II (EEE120) subjects of the Electric Engineering course in the University of Passo Fundo. The development of this game emerged as an alternative to the evaluation of the Digital Circuits II subject and its development came through the knowledge acquired from the said subject. The circuit has only discrete components, it has no microcontroller or programmable parts, it has only hardware. As an evaluation choice, it was opted for the development of a ludic circuit instead of a digital clock or an RPMs meter. The game, which turned out to be named *Befaster*, was projected by the 5th semester scholars, with the said subjects' teacher help, being defined as a “great two semester application”. This purpose is based on the idea of turning theory into practice, making the learning process more meaningful, hence the student becomes an acting agent (instead of a mere spectator), involving interaction with their questioning and the search for possible problem solutions. We believe that this shows the student the dimension of what engineering truly is, enabling new reflections, which are mostly not perceived in the classroom.

**Keywords:** project; game; digital electron.

---

<sup>1</sup> Júlia Cortez, graduanda do curso de Engenharia Elétrica, Universidade de Passo Fundo; 158872@upf.br

<sup>2</sup> Prof. Dr. Fernando Passold da Universidade de Passo Fundo; fpassold@upf.br

## INTRODUÇÃO

A realidade da sociedade contemporânea evidencia o rotineiro uso das tecnologias e como sua aplicação pode ser proveitosa na realização de diversas ações do cotidiano. Dentro desse cenário, procurou-se inserir e aplicar os conteúdos adquiridos ao longo de dois semestres, em algo que proporcionasse um pouco da realidade profissional aos alunos e que ainda estivesse presente no dia a dia das pessoas. Evidencia-se, assim, que a ciência “testada”, com toda sua sutileza, torna-se, segundo Vasconcelos et al. (2002, p. 1), um “[...] fim em si só, enfatizando a necessidade de mudança de atitude para com a natureza e seus recursos, pois além de sua relevância disciplinar, possui profunda significância no âmbito social”.

A experiência gerada por esse tipo de abordagem é muito satisfatória pela expansão além da sala de aula que oferece, pois desafia a busca por autonomia, iniciativa e pelo pensamento crítico. Isso se comprova por diversos estudos realizados, incluindo a pesquisa de Breglia, Rodrigues e Lück nomeada “O ensino com a prática da pesquisa: delineamento de uma nova proposta de formação”, em que refletem que a prática da pesquisa e da iniciação científica contribuem para uma formação mais ampla, pessoal, profissional e acadêmica; contrapondo-se a uma realidade em que “os conteúdos ficam fracionados, descontextualizados, desproblematizados, resultando no aprendizado memorístico”. (BREGLIA; RODRIGUES; LÜCK, 2002, p. 44).

No prosseguimento, apresentamos os objetivos, a metodologia, o desenvolvimento, os resultados e as considerações finais.

## METODOLOGIA

A proposta central do projeto baseia-se no fato deste ser uma alternativa renovadora e muito proveitosa para a aplicação dos conteúdos agregados nas disciplinas em questão, uma vez que visa à inserção, à contextualização do aluno no real ambiente encontrado pelo engenheiro; e ainda funciona como um método extra de avaliação para o

professor, pois possibilita uma análise mais ampla do desempenho do acadêmico, para além dos domínios das tradicionais provas.

No início da disciplina de Circuitos Digitais II, o professor sugeriu como uma opção de avaliação o desenvolvimento de um circuito eletrônico digital combinacional e sequencial (baseado em componentes discretos e não microprocessados). A fim de tornar a proposta mais atraente, sugeriu-se a realização de um circuito que viabilizasse, ainda, literalmente, o entretenimento. Assim, surgiu uma proposta considerada não “aborrecida”, uma vez que se tratou da aplicação de conteúdos aparentemente complexos e demasiadamente teóricos. Através disso, ficou definido que haveria a criação de um jogo eletrônico, permitindo aliar uma parte lúdica ao aprendizado esperado por parte dos alunos.

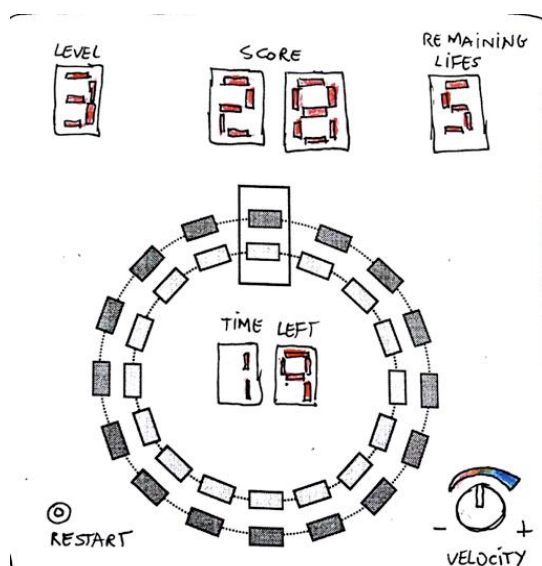
Neste trabalho está sendo então documentado o desenvolvimento do jogo *Befaster*. O processo pode ser dividido em cinco etapas: i) definição das regras; ii) sistema de operação; iii) estruturas básicas; iv) simulação prévia dos circuitos em algum *software* de circuitos digitais e, finalmente, v) a montagem física.

Todas as etapas contaram com o auxílio e supervisão do professor. O desenvolvimento foi feito em aula e em demais encontros ao longo de quatro meses. A execução prática contou com a disponibilidade de: laboratórios, do núcleo (local) de eletrônica e do almoxarifado do curso, que ofereceram todo o suporte ao longo do processo, incluindo os componentes eletrônicos utilizados na montagem. Para as definições iniciais do projeto, ocorreram debates envolvendo todos os integrantes do grupo. Esses debates envolveram idealizações iniciais de diagramas de bloco e diagramas sequenciais de estado, em que alunos e orientador interagem na busca da melhor solução para as questões que iam surgindo. Posteriormente, para dinamizar as atividades, o projeto foi dividido em “blocos” e sua execução em equipes de alunos. Com a formação de duplas na turma, cada uma ficou incumbida de planejar e simular seu bloco (parte) do circuito, para, só ao final do projeto, unir todas as parcelas e trabalhar na finalização em conjunto (uma estratégia conhecida como “*divide-to-conquer*”).

## A estrutura básica e a interface com o jogador

O arranjo físico consiste em dois círculos de LEDs, um inscrito no outro. Os LEDs são acionados de maneira sequencial; sequências separadas para cada círculo de LEDs. O detalhe é que a velocidade de acionamento desses círculos de LEDs é variável e controlada de forma independente (Figura 1). O círculo externo tem sua velocidade alterada pelo jogador, através da manipulação de um potenciômetro que permite que este aumente ou diminua a velocidade da sua sequência de acendimento de LEDs. Já o circuito interno altera sua velocidade de acordo com configurações projetadas pelo circuito do jogo, controlado pelo bloco doravante denominado *machine*. O objetivo do jogador é fazer com que o acionamento dos LEDs coincida num único ponto (ressaltado no circuito por LEDs amarelos), chamado, então, ponto de “choque” (Figura 2).

Figura 1 – Proposta inicial para interface do circuito (jogo) *Befaster* com o usuário.



Fonte: acervo dos autores.

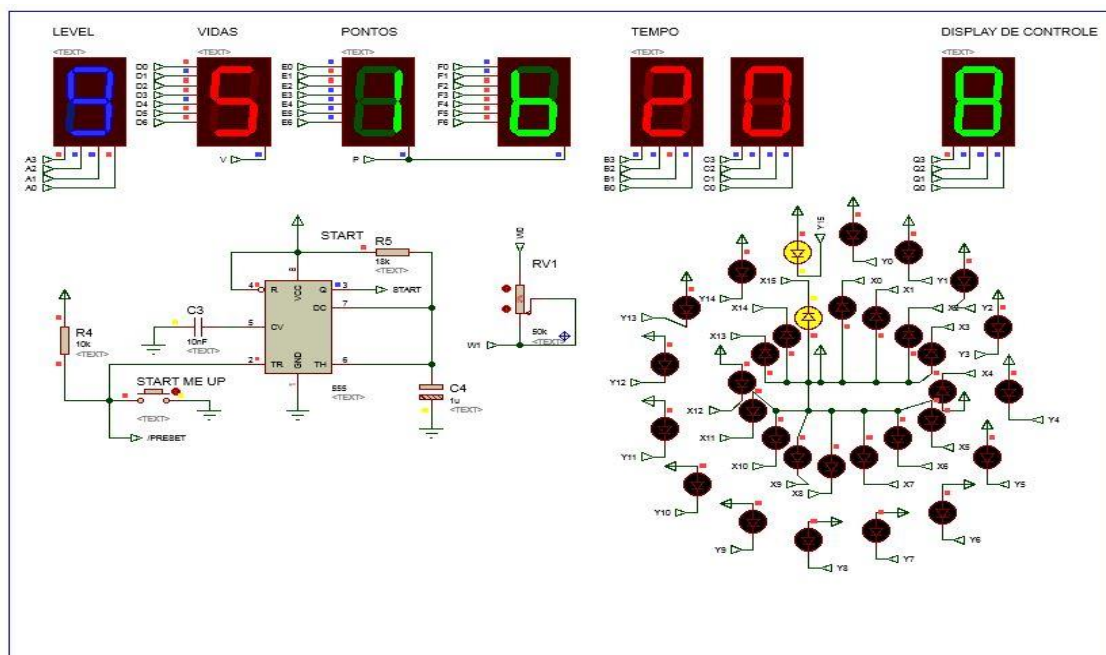
Sintetizando o processo, a meta do usuário é “chocar” seu círculo de LEDs com o outro círculo, controlado pelo circuito (*machine*).

Salienta-se, ainda, que cada vez que o jogador faz coincidir o acionamento dos LEDs no ponto de choque, a velocidade do círculo de LEDs interno (controlado pela máquina) aumenta, traduzindo-se na ideia de aumento gradual do nível (*level*) de dificuldade do jogo. Salienta-se também que o jogador possui um tempo limite (*time-out*) para lograr o choque. Caso este tempo limite seja atingido sem a produção de um choque, vidas (“vidas”) são decrementadas. O que implica que o jogo se inicia com um certo número de “vidas” que vão diminuindo conforme o usuário persiste no jogo. Obviamente, cada choque realizado acarreta em acúmulo de pontos (*score*). Dessa forma, o *Befaster* convida o usuário a testar suas habilidades ao requisitar agilidade e concentração.

O jogo prevê 20 segundos para a realização do choque, *display* “TEMPO”; se, ao final deste intervalo, isso não ocorrer, uma vida é decrementada no *display* “VIDAS”, (Figura 2). Todavia, se o choque acontece no devido tempo, a frequência de operação do círculo de LEDs da máquina aumentará conforme e proporcionalmente ao nível (*level*) atingido pelo usuário.

O jogo inicia pressionando-se o botão de “*start*”, pausar/iniciar o mesmo. A cada nível vencido, ocorre a concessão de um ponto. Também é importante destacar que são disponibilizadas cinco vidas, logo após a perda destas ocorre o *game over*. No projeto foi previsto mais um *display* (de controle), que, normalmente, não faz parte do jogo, servindo apenas como *feedback* sobre o estado atual do circuito para os seus projetistas, ou seja, só possui carácter didático.

Figura 2 – Estado final: o usuário atingiu todos os objetivos e venceu o jogo.



Fonte: acervo dos autores.

O circuito final demandou a seguinte quantidade de componentes: 14 portas NOTs; 9 portas ANDs(2); 2 portas ANDs(3); 1 porta OR(2); 1 porta OR(3); 1 porta NOR(2), além de: 4 CIs temporizadores 555; 8 Resistores; 9 Capacitores; 1 push-button; 32 Leds (cada círculo de leds é composto por 16 leds); 7 *Displays* de 7-segmentos; 1 Potenciômetro; 2 CIs 74154; 2 CIs 74191; 8 CIs 74190 (Contador síncrono bidirecional decimal); 1 CI 74150; 3 CIs 7448 (Decodificadores de código BCD para Displays de 7-segmentos); 1 CI 7493 (Contador assíncrono de MOD-16) e, por fim, 7 CIs 74LS76 (Flip-flops JK).

A seguir é explicado brevemente como o projeto foi desenvolvido. Iniciando-se, primeiramente, a partir de uma idealização de seu diagrama de blocos e após do seu diagrama de sequência de estados. Na continuidade, apresenta-se a forma como foram desenvolvidos (aprimorados) os diagramas de sequência de estados desse circuito.

## PLANEJAMENTO E EMBASAMENTO TEÓRICO

Em primeiro lugar, definiu-se quais seriam os estágios e condições de operação que o *Befaster* teria que obedecer. A análise decorrente nas aulas possibilitou que o grupo

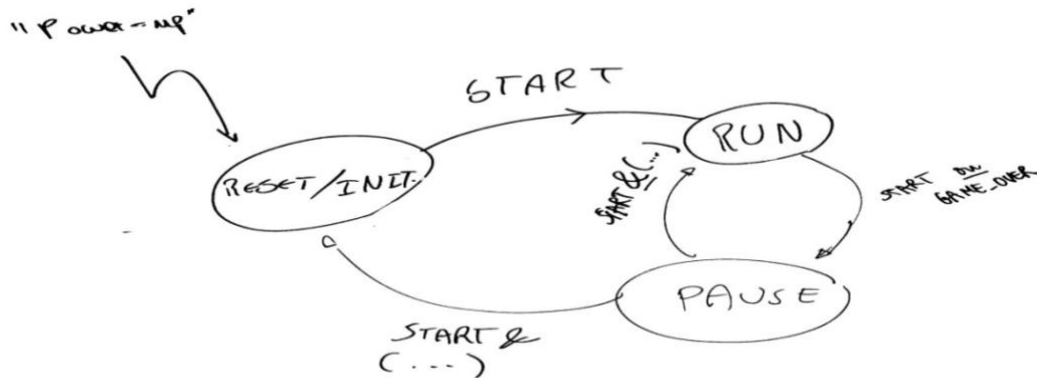
de envolvidos começasse a vislumbrar as primeiras formas do jogo.

O diagrama de estados foi o primeiro passo a ser desenvolvido para dar início ao projeto. Afinal, através dele foi possível determinar e avaliar todo o andamento do dispositivo, prevendo todos os estados possíveis do seu início ao fim.

Essa etapa inicial foi executada em conjunto com o professor, o que foi de extrema importância para propiciar a real dimensão do trabalho aos estudantes. O resultado disso foram cinco estados: *run*, *pause*, *reset/inicialização*, FSJ.1 e FSJ.2. Para cada estado foi atribuído um CI flip-flop JK, que são os precursores do circuito de controle. Assim, concluiu-se que seria necessários quatro CIs flip-flop JK para a efetivação das ações.

A Figura 3 apresenta o primeiro esquema construído em sala de aula, referente aos estados básicos. Nela observa-se o estado *reset/inicialização* que consiste na primeira condição, quando o circuito é ligado à alimentação; posteriormente, há o *run*, que se inicia no momento em que o botão *start* é ativado e representa o jogo em execução; e, por último, encontra-se o *pause*, para travar o sistema, mesmo que em andamento.

Figura 3 – Captura (a partir de quadro branco escaneado) do primeiro esboço dos estados do jogo.



Fonte: acervo dos autores.

Após esse diagrama de estados e transcorridas algumas aulas, percebeu-se que ele não era satisfatório, pois não contemplava uma situação fundamental para o correto funcionamento do jogo. Os circuitos envolvidos deveriam perceber quando ocorria o “choque” dos LEDs e, inevitavelmente, se isso acontecesse antes dos 20 segundos previstos, o nível aumentava; caso contrário, haveria o decréscimo de uma vida.

Por conseguinte, surgiram dois novos estados intermediários que resolveram essas duas situações distintas que exigiam comportamentos distintos da máquina, denominados, então, respectivamente, FSJ.1 e FSJ.2. Essa necessidade demandou ainda os “pulsos”, os sinais denotados na imagem a seguir, cada um deles é responsável pela mudança entre os estados.

Figura 4 – Diagrama de estados definitivo.

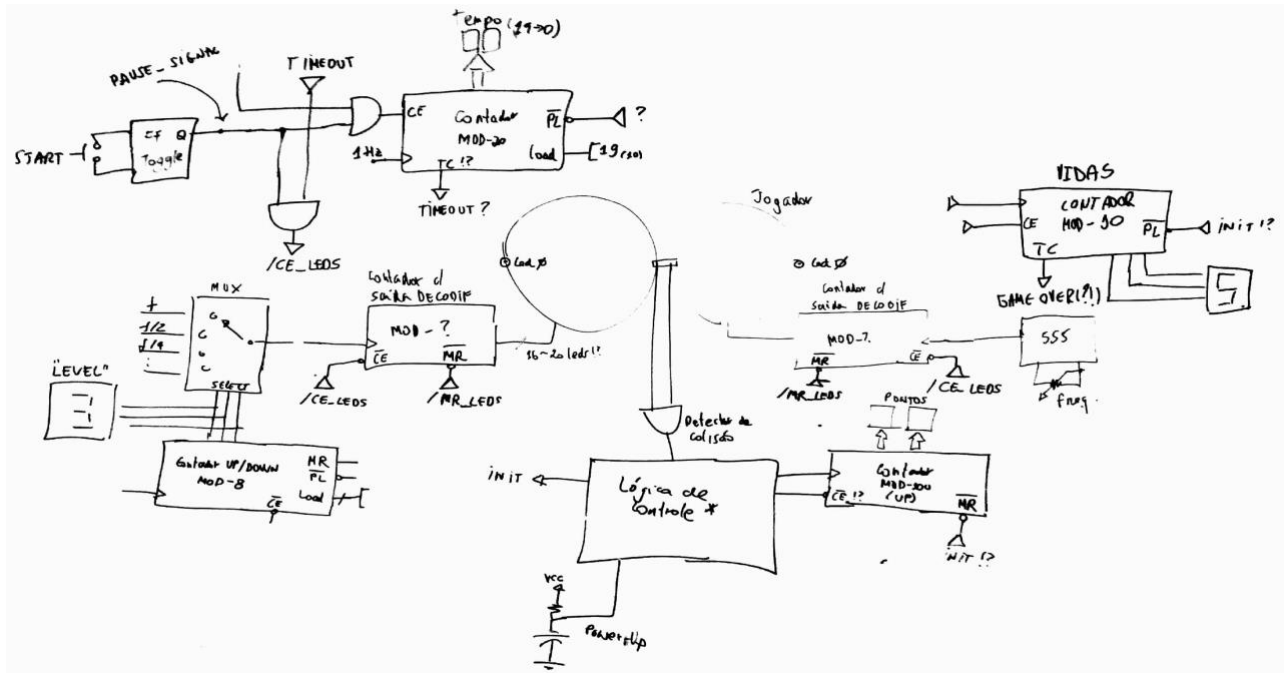


Fonte: acervo dos autores.

Com essa base definida em horário de aula, junto com o orientador, tornou-se viável o planejamento das estruturas constituintes do *Befaster*, uma ideia inicial do *hardware*

envolvido. Ainda em horário acadêmico, com a turma reunida, houve o levantamento dos componentes que seriam necessários.

Figura 5 – Captura (a partir de quadro branco escaneado) do diagrama de blocos desenvolvido durante aula.



Fonte: acervo dos autores.

Após a construção desse diagrama de blocos, ocorreu a divisão do grupo em duplas, sendo que cada uma ficou incumbida de projetar e simular em software seu bloco. Dessa maneira, surgiram oito divisões: controle, vidas, tempo, pontos, velocidade e level, e, concluindo, machine e player. O professor manteve-se no suporte aos acadêmicos, porém as atividades, neste momento, foram realizadas em horários extraclasse.

Dentro dessa proposta, o bloco controle é o mais importante, pois é ele quem determina a ativação sequencial correta dos demais componentes/blocos. Seu princípio de funcionamento é oriundo de uma tabela elaborada de acordo com o diagrama de estados previstos para o funcionamento dinâmico do circuito. A tabela a seguir (Tabela 1) apresenta 10 linhas referenciadas por letras que vão de A até J (coluna referência) e que representam o ciclo completo de todo o jogo, ou seja, para cada letra um pulso apresentado na Figura 4 gera a alteração de estados do Befaster.

Dessa forma, a tabela demonstra todos os pulsos (eventos) necessários para a mudança de um estado do circuito para outro. O circuito de controle acabou sendo composto por 4 flip-flops JK, sendo que cada um é encarregado de garantir um estado do jogo;

cabe ainda ressaltar que o flip-flop do estado run também responde pelo estado de pause (apresenta comportamento “toggle”). A lógica combinacional para definição das portas lógicas básicas para as entradas J e K dos Flip-Flops utilizados foram definidos por inspeção a partir da tabela de transição de estados. Nota-se que os estados de saída dos Flips-Flops do bloco de Controle é que são os responsáveis pela adequada ativação de cada bloco do Circuito.

A existência dessa tabela só foi alcançada depois que, em uma determinada aula, o professor propôs como deveria constituir-se uma tabela básica. Com o bloco de Controle planejado, foi possível pensar nos demais com mais fluidez e exatidão.

Assim sendo, o bloco Vidas só é ativado quando há a perda de vidas e é o que decreta o game over quando todas as oportunidades acabam. O bloco Tempo é incumbido por realizar a contagem dos segundos, iniciando-se nos vinte segundos preestabelecidos para que o usuário choque os LEDs. A contagem de tempo é realizada de forma decrescente. O bloco Pontos é responsável pela marcação da pontuação do jogo, iniciando-se em 0 e podendo chegar até 16.

Os blocos Velocidade e Level detectam a mudança de nível, liberando para o resto do jogo uma frequência específica – por exemplo,



foi estabelecido que para o primeiro nível a frequência é de 1,33 Hz, para o último 20 Hz. Por fim, o bloco Machine é responsável por controlar o círculo dos LEDs externos. O bloco Player segue a mesma lógica de operação do bloco Machine, a única diferença

é que quem o comanda não é o bloco velocidades, mas o circuito estável cuja frequência é variada pelo potenciômetro controlado pelo usuário, que assim interage com o sistema.

Tabela 1 – Tabela final de transição de estados.

Ref.	Sinais de controle	q(t)	q(t+1)									Observações	
		q3q2 q1q0	Q3Q2 Q1Q0	J 3	K 3	J 2	K 2	J 1	K 1	J 0	K 0		
A	Power up	XXXX	0001	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Power_up/Inicialização
B	Start	0001	0010	0	X	0	X	1	X	X	1		Reset → Run
C	Start	0010	0000	0	X	0	X	X	1	0	X		Run → Pause
D	Start	0000	0010	0	X	0	X	1	X	0	X		Pause → Run
E	Time out	0100	0100	0	X	1	X	X	1	0	X		Run → FSJ.1
F	Start and /GO	0010	0010	0	X	X	1	1	X	0	X		FSJ.1 → Run
G	Hit	0010	1000	1	X	0	X	X	1	0	X		Run → FSJ.2
H	Start and /Win	1000	0010	X	1	0	X	1	X	0	X		FSJ.2 → Run
I	Star and GO	0100	0001	0	X	X	1	0	X	1	X		FSJ.1 → Reset
J	Start and Win	1000	0001	X	1	0	X	0	X	X	X		FSJ.2 → Reset

Fonte: elaborada pelos autores.

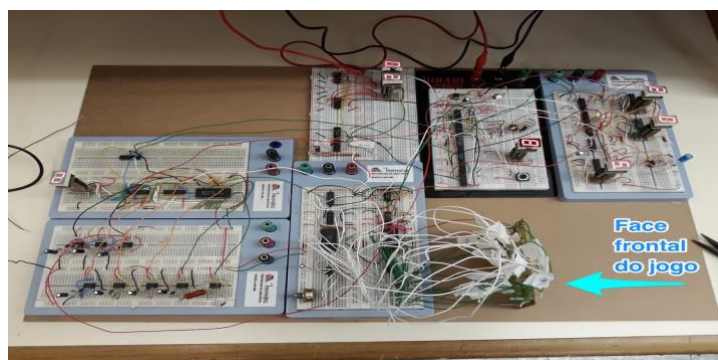
Legenda: Fim da seção de jogo 1 (FSJ.1) / Fim da seção de jogo 2 (FSJ.2)

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando-se a proposta inicial de método de avaliação que culmina num circuito final, implicando o uso de teoria abordada em sala de aula, conclui-se que os principais objetivos foram atingidos com êxito. A maior adversidade constatada envolveu apenas algumas complicações práticas no momento da montagem em laboratório. Este projeto foi algo que demandou esforço coletivo, paciência e concentração, pois o mau funcionamento de um bloco ou componente qualquer comprometia a operação de um conjunto de ações. Os circuitos foram montados em laboratório, empregando-se para isso *protoboards*; a partir disso, espera-se repassá-los para placas de circuito impresso, o que

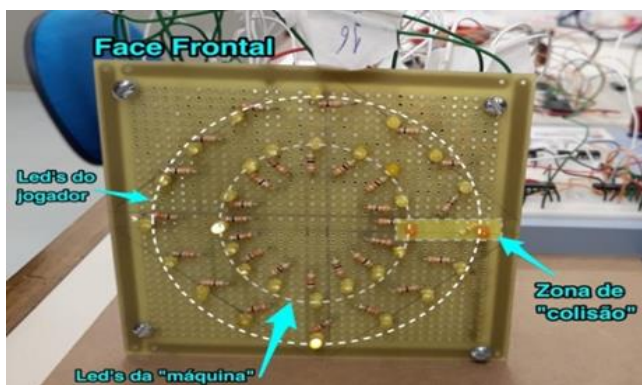
tornaria o dispositivo mais compacto e similar aos circuitos dos equipamentos encontrados no mercado em geral.

Figura 6 – Primeiro protótipo do *Befaster* - circuito completo.



Fonte: acervo dos autores.

**Figura 7 – Face frontal, painel principal do jogo (contendo os círculos de LED's).**



Fonte: acervo dos autores.

A finalização do projeto evidenciou sua extrema valia no que se refere à construção profissional e pessoal de cada um dos envolvidos, uma vez que possibilitou uma melhor compreensão dos conteúdos propostos na disciplina e demandou trabalho em conjunto, propiciando a troca de opiniões. É notável a importância da percepção vivida nesses meses de *Befaster*, pois oportunizou a materialização em um produto final. Foi gratificante perceber a engenharia na sua essência: a passagem de uma ideia abstrata para um dispositivo concreto. Salienta-se ainda dentro desse processo a experiência agregada ao perceber como soluções teóricas podem prever problemas práticos, as dificuldades que devem ser afinadas e, conseqüentemente,

resolvidas na busca do funcionamento correto de circuitos, o uso de *protoboards*, cabos e demais equipamentos envolvidos; a engenharia fora da sala de aula.

## REFERÊNCIAS

BREGLIA, V. L. A. **A formação na graduação: contribuições, impactos e repercussões do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC)**. Tese (Doutorado) - PUC/RJ, Rio de Janeiro, 2001.

TOCCI, R. J.; WIDMER, N. S.; MOSS, G. L. **Sistemas Digitais: princípios e aplicações**. 11. ed. revisão técnica Renato Giacomini; tradução Jorge Ritter. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

BREGLIA, V. L. A. ; RODRIGUES, M. E. F.; LÜCK, E. H. O Ensino com a prática da pesquisa: delineamento de uma nova proposta de formação. **Transinformação**, Campinas, SP, v. 14, n.1, p. 41-47, jan./jun. 2002.

VASCONCELOS, A. L. S.; COSTA, C. H.C.; SANTANA, J. R.; CECCATTO, V. M. Importância da abordagem prática no ensino de biologia para a formação de professores. **VI Semana Universitária da UECE**, Limoeiro do Norte-CE, 2002.

## DADOS DOS AUTORES



**Fernando Passold** é graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC (1989), possui mestrado em Engenharia Elétrica pela UFSC (1995), na área de Engenharia Biomédica (Inteligência Artificial), e doutorado em Engenharia Elétrica pela UFSC em 2003, no DAS (Departamento de Automação de Sistemas), área de Robótica Industrial. Atualmente é professor da Universidade de Passo Fundo (UPF), desde 1995.



**Júlia Cortez** é graduanda em Engenharia Elétrica pela Universidade de Passo Fundo (UPF).