

MOVIMENTO APARENTE DO SOL, SOMBRAS DOS OBJETOS E MEDIÇÃO DO TEMPO NA VISÃO DE ALUNOS DO SÉTIMO ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL

*Daniel Iria Machado*¹

Resumo: O movimento aparente do Sol na esfera celeste e o comportamento das sombras dos objetos com o passar do tempo são fenômenos observáveis no dia a dia. No entanto, muitas vezes os estudantes não possuem uma compreensão adequada de tais ocorrências, podendo inclusive exibir concepções alternativas a seu respeito. Por isso, efetuou-se uma pesquisa com o intuito de conhecer as noções dos alunos sobre esses temas e avaliar a contribuição para seu entendimento propiciada por uma atividade feita com um relógio de Sol interativo, em um ambiente de ensino informal. Foram investigadas as ideias de 43 alunos do sétimo ano do Ensino Fundamental mediante a aplicação de um teste com questões abertas antes e depois de uma atividade com um relógio de Sol analemático, conduzida por um monitor. Uma proporção significativa de estudantes desconhecia inicialmente a maioria dos fenômenos tratados. A intervenção realizada colaborou para uma parte dos alunos assimilar novos conceitos, propiciando o contato com novos fenômenos e, em menor grau, a elaboração de explicações a respeito destes, indicando um potencial educativo dessa ação. Porém, a contribuição para o entendimento de algumas das ideias exploradas foi pequena, apontando para a necessidade de se fazer observações, estudos e discussões complementares.

Palavras-chave: Relógio de Sol; educação informal; ensino de Astronomia.

MOVIMIENTO APARENTE DEL SOL, SOMBRAS DE LOS OBJETOS Y MEDICIÓN DEL TIEMPO EN LA VISIÓN DE ESTUDIANTES DEL SÉPTIMO GRADO DEL CICLO PRIMARIO

Resumen: El movimiento aparente del Sol en la esfera celeste y el comportamiento de las sombras de los objetos a lo largo del tiempo son fenómenos observables en la vida cotidiana. Sin embargo, los estudiantes a menudo no tienen una adecuada comprensión de dichos problemas, e incluso pueden mostrar conceptos erróneos acerca de ellos. Por lo tanto, se realizó una investigación a fin de conocer las nociones de los estudiantes acerca de estas cuestiones y evaluar la contribución a su comprensión proporcionada por una actividad realizada con un reloj de Sol interactivo, en un entorno informal de aprendizaje. Se investigaron las ideas de 43 estudiantes del séptimo grado del ciclo primario mediante la aplicación de un *test* con preguntas abiertas antes y después de una actividad con un reloj de Sol analemático, dirigida por un monitor. Una proporción significativa de los estudiantes inicialmente desconocía la mayoría de los fenómenos tratados. La intervención realizada contribuyó para que los estudiantes asimilasen nuevos conceptos, proporcionando el contacto con nuevos fenómenos y, en menor medida, desarrollasen explicaciones acerca de estos, lo que indica un potencial educativo de esta acción. Sin embargo, la contribución a la comprensión de algunas de las ideas exploradas fue pequeña, lo que apunta a la necesidad de hacer observaciones, estudios y debates adicionales.

Palabras clave: Reloj de Sol; educación informal; enseñanza de Astronomia.

¹ Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - *Campus* de Foz do Iguaçu - Centro de Engenharias e Ciências Exatas.
Email: dpedm@uol.com.br

APPARENT MOTION OF THE SUN, SHADOWS OF OBJECTS AND MEASUREMENT OF TIME IN THE VIEW OF SEVENTH GRADE STUDENTS OF MIDDLE SCHOOL

Abstract: The apparent motion of the Sun on the celestial sphere and the behavior of the shadows of objects over time are observable phenomena in everyday life. However, students often do not have a proper understanding of such occurrences, and can even display misconceptions about them. Therefore, we performed a research in order to know students' notions about these subjects and to evaluate the contribution to their understanding brought about by an activity performed with an interactive sundial in an informal learning environment. We investigated the ideas of 43 students from the seventh grade of middle school by applying a test with open questions before and after an activity with an analemmatic sundial, conducted by a monitor. A significant proportion of students were initially unaware of most of the phenomena treated. The intervention performed helped the students to assimilate new concepts, providing the contact with new phenomena and to a lesser degree, the development of explanations about them, indicating an educational potential of this action. However, the contribution to the understanding of some of the ideas explored was small, pointing to the need to make additional observations, studies and discussions.

Keywords: Sundial; informal education; astronomy teaching.

1. Introdução

Os centros ou museus interativos de Ciência são instituições que buscam popularizar os avanços científicos e tecnológicos e, também, estimular o interesse de um público diversificado – sobretudo crianças e jovens – por esses conhecimentos, com a utilização de enfoques interativos, experimentais, lúdicos e participativos, capazes de despertar a curiosidade e facilitar a aprendizagem (PADILLA, 2002a).

Nesses ambientes, a natureza das atividades educacionais desenvolvidas é distinta daquela realizada nas escolas. Como esclarece Saad (1998), as opções educativas oferecidas por essas instituições não possuem caráter obrigatório nem envolvem avaliação, estando abertas tanto a alunos quanto à comunidade em geral. Os centros de Ciência promovem essencialmente a chamada *educação informal*, preocupada com o ensino de conhecimentos científicos, porém sem contemplar necessariamente a estrutura dos currículos tradicionais e sem conferir graus ou diplomas (GASPAR, 1993).

Tais centros são espaços relevantes para a divulgação científica e a aprendizagem informal, que se encontram à disposição das escolas, fornecendo recursos em geral não existentes nesses estabelecimentos, capazes de complementar os processos educativos do sistema formal (PADILLA, 2002b).

Os planetários e observatórios didáticos são exemplos de centros de Ciência especializados na divulgação e no ensino da Astronomia. Esses ambientes educativos proporcionam interações e experiências diversificadas, em geral valorizadas pelos alunos e capazes de auxiliar os professores a comunicar os conteúdos de Astronomia. Tais locais contribuem para despertar a curiosidade, fornecem uma oportunidade para a exploração de novas informações e facultam a expansão do universo mental dos visitantes (LOMB, 2005).

Muitos desses espaços, além de possuírem projetores especiais para a simulação do céu noturno e instrumentos de observação astronômica, contam também

com dispositivos destinados à demonstração de conceitos astronômicos, tais como relógios de Sol.

Num enfoque construtivista, as ideias prévias que os estudantes possuem são essenciais para determinar a aprendizagem subsequente (AUSUBEL, 2003). Em um centro de Ciências, os estudantes têm contato com novos conteúdos, experiências e fenômenos de natureza científica, podendo, a partir daí, formar noções iniciais que sirvam de subsunçores ou pontos de ancoragem para a aprendizagem significativa de outros conceitos quando retornarem à sala de aula.

Um espaço educativo informal pode também fornecer recursos não disponíveis facilmente para ilustrar assuntos tratados na escola e facultar a realização de práticas, de maneira a contribuir para o desenvolvimento cognitivo e favorecer a consolidação da aprendizagem.

Além disso, a visita a um centro de Ciências, dado seu caráter lúdico e interativo, pode gerar motivação para o aprofundamento dos estudos no contexto escolar, um fator importante para a aprendizagem significativa, cuja ocorrência, segundo Ausubel (2003), demanda do aluno o estabelecimento de conexões intencionais e não-literais entre os novos conteúdos e aqueles existentes em sua estrutura cognitiva.

Uma parte substancial do público dos centros de Ciência é em geral composta de estudantes, que usualmente afluem em visitas organizadas pelas próprias escolas. Desse modo, é natural o surgimento de questões relacionadas ao processo de ensino e aprendizagem nesses locais.

Marandino (2003) identifica alguns temas recorrentes na investigação relativa aos centros ou museus de Ciência, destacando a questão da aprendizagem nesses ambientes, a relação museu-escola, as exposições na condição de elementos/unidades de educação e comunicação, os programas educativos desenvolvidos em tais centros, e os chamados estudos de público, os quais levam em conta as características, expectativas e preferências dos visitantes a fim de mais bem planejar exposições e atividades para atendê-los.

Apesar de existirem trabalhos explorando a sombra projetada pelas pessoas (JACKSON, 2004) ou o uso de relógios de Sol (FETERIS; HUTTON, 2000) em atividades para o ensino de Astronomia, parece ainda haver uma lacuna quanto às pesquisas educacionais relacionadas ao tema.

Jackson (2004) propõe uma sequência didática envolvendo a observação das sombras dos próprios alunos. Com as atividades descritas, pretende-se que os estudantes percebam que o comprimento das sombras varia ao longo do dia e durante o ano, e relacionem esses fatos com a mudança na posição aparente do Sol e a duração do dia claro. Além disso, espera-se que os alunos entendam o conceito de meio-dia solar e aprendam a determinar os pontos cardeais, entre outros aspectos. Porém, o autor não expõe uma avaliação da proposta a partir da prática com um grupo de estudantes.

Feteris e Hutton (2000) utilizaram um relógio de Sol equatorial como parte de uma série de atividades práticas para o ensino de Astronomia a estudantes do primeiro ano de um curso universitário, considerando a relação entre o movimento do Sol e a medida do tempo, a distinção entre o meio-dia marcado por um relógio e o momento em que o dia é dividido em duas partes iguais, a equação do tempo e outros conceitos. Apesar de o conjunto das atividades realizadas ter sido avaliado de maneira positiva

pelos estudantes, não foram indicados os resultados obtidos especificamente com o relógio de Sol.

Neste trabalho, apresentam-se os resultados de uma investigação com os seguintes objetivos principais:

a) conhecer as ideias apresentadas por alunos do Ensino Fundamental sobre o movimento aparente do Sol na esfera celeste e sua relação com as sombras dos objetos e a medição do tempo;

b) avaliar os efeitos de uma atividade prática envolvendo um relógio de Sol sobre as concepções dos estudantes, em um ambiente de ensino informal.

O relógio de Sol ou quadrante solar considerado neste trabalho, do tipo analemático, permite obter a hora a partir da sombra projetada pela própria pessoa (Figura 1). O instrumento é composto de uma escala elíptica, sobre a qual se encontram marcas correspondentes às horas e uma escala linear de datas, com indicação dos meses do ano. Quando o usuário se posiciona sobre a escala de datas, na posição correspondente ao dia em que a observação está sendo feita, sua própria sombra intercepta a escala de horas, possibilitando saber o horário.



Figura 1 - Relógio de Sol analemático com o qual foram realizadas as atividades (Fonte: do autor)

Com esse recurso, podem ser abordadas diversas questões de Astronomia, tais como os movimentos aparentes diário e anual do Sol sobre a esfera celeste, sua relação com as sombras dos objetos e a possibilidade de se contar a passagem do tempo com base nesses fenômenos (REIS; MACHADO, 2007).

Discutindo-se tais assuntos, pode-se explorar também a altura máxima alcançada pelo Sol e as posições desse astro do horizonte no alvorecer e no ocaso, com os respectivos efeitos sobre as sombras dos objetos. Em particular, é possível tratar das variações na velocidade do movimento aparente do Sol ao longo do ano, detectada

quando o relógio de Sol parece se adiantar ou se atrasar em relação a relógios projetados para fornecer a hora legal.

Na próxima seção, descreve-se a metodologia utilizada na investigação envolvendo o uso do relógio de Sol analemático durante a visita a um centro de Ciências voltado ao ensino e divulgação da Astronomia.

2. Metodologia

Participaram da pesquisa 43 estudantes do sétimo ano do Ensino Fundamental de uma escola pública de Foz do Iguaçu, divididos em dois grupos, o primeiro com 15 participantes e o segundo com 28 integrantes. No primeiro grupo, havia nove componentes do sexo masculino e seis do sexo feminino, com idades entre 10 e 13 anos (média de idade de 11 anos). No segundo grupo, existiam 16 integrantes do sexo masculino e 12 do sexo feminino, com idades entre 11 e 15 anos (média de idade de 12 anos). Os estudantes foram avaliados durante uma visita a um centro de Ciências dotado de planetário, observatório didático e espaço de exposições.

A escolha de grupos do sétimo ano do Ensino Fundamental para a investigação ocorreu porque o entendimento do movimento aparente dos astros, a partir de um referencial geocêntrico, era um tópico previsto nas diretrizes curriculares estaduais para a disciplina de Ciências dessa etapa.

A primeira atividade realizada foi a interação com um relógio de Sol analemático, orientada por um monitor. Os dados foram coletados durante atendimentos típicos do centro de ensino informal, com monitores diferentes e em momentos distintos. Não houve, nesse caso, um roteiro padronizado seguido, gerando algumas diferenças nos tópicos tratados com cada um dos grupos.

Cada monitor explicou o funcionamento do quadrante solar, no qual se utilizava a sombra da própria pessoa para indicar as horas, e forneceu noções sobre o movimento aparente do Sol na esfera celeste. Foram estabelecidas relações entre o movimento anual do Sol – que poderia estar mais ao norte ou mais ao sul conforme a época do ano – e a escala de datas do relógio, sobre a qual o observador deveria se posicionar. Mencionou-se que era possível obter um resultado mais preciso aplicando-se uma correção à hora indicada pelo relógio de Sol, dependente do dia do ano, exibida em um gráfico traçado no painel situado logo em frente (calculada a partir da equação do tempo). E informou-se que durante a vigência do horário de verão bastaria somar uma unidade à hora indicada pelo relógio de Sol. Comentou-se também que quando o Sol estivesse em seu ponto mais alto naquela localidade não seria meio-dia da hora oficial de Brasília.

O monitor responsável pelo atendimento do segundo grupo apresentou informações adicionais, abordando com mais detalhes o movimento aparente diário do Sol, de Leste para Oeste, e relacionando-o ao comportamento das sombras. Esse monitor explicitou que no período da manhã a sombra está voltada para o Oeste, à tarde está direcionada para o Leste e, quando o Sol está no ponto mais alto, por volta do meio-dia, a sombra é pequena, porém nunca nula naquele local. E expôs também que a

sombra tem maior comprimento no inverno, quando o Sol permanece mais baixo no céu, e possui menor comprimento no verão, período no qual o Sol se encontra mais alto.

Antes e depois do trabalho envolvendo o relógio de Sol, aplicou-se um mesmo teste, com cinco questões abertas. Em seguida, os estudantes conheceram o espaço de exposições, fizeram observações do Sol usando um telescópio com filtro H-alfa e assistiram a uma sessão de planetário. Todas as atividades faziam parte do atendimento normal aos grupos escolares que comparecem ao centro de Ciências.

O teste aplicado consistia nas seguintes questões:

1) Em sua opinião, existe ou não alguma relação entre a posição do Sol no céu ao longo do dia e as sombras dos objetos? Explique sua resposta;

2) Em sua opinião, as sombras dos objetos podem ou não ser usadas para determinar as horas? Explique sua resposta;

3) Em Foz do Iguaçu, o Sol passa ou não todos os dias por um ponto do céu situado exatamente acima de sua cabeça? Explique sua resposta;

4) A posição do Sol no céu apresenta ou não mudanças durante o ano? Explique sua resposta;

5) As sombras dos objetos sofrem ou não algum tipo de modificação durante o ano? Explique sua resposta.

3. Resultados

A análise das respostas obtidas com a aplicação dos testes permite evidenciar as concepções mais comuns manifestadas pelos estudantes e avaliar a contribuição da atividade com o relógio de Sol para a compreensão dos assuntos abordados. Em transcrições de respostas, os alunos serão identificados por meio de códigos. Em função das diferenças nas abordagens dos monitores responsáveis pelo atendimento no centro de Ciências, os resultados obtidos em cada um dos grupos serão discriminados e comparados.

As respostas à primeira questão foram divididas em três categorias:

a) *reconhecimento* da existência de uma relação entre a posição do Sol no céu ao longo do dia e as sombras dos objetos, *com* uma justificativa razoável;

b) *reconhecimento* da existência de uma relação entre a posição do Sol no céu ao longo do dia e as sombras dos objetos, *sem* uma justificativa razoável;

c) *não reconhecimento* de uma relação entre a posição do céu ao longo do dia e as sombras dos objetos;

d) outra resposta ou ausência de uma resposta.

Na Tabela 1, indica-se, para a primeira questão, o percentual de alunos com respostas em cada categoria, no pré-teste e no pós-teste.

Categoria	Pré-teste		Pós-teste	
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 1	Grupo 2
a) <i>reconhecimento</i> da existência de uma relação entre a posição do Sol no céu ao longo do dia e as sombras dos objetos, <i>com</i> uma justificativa razoável.	73,3%	39,3%	46,6%	57,2%
b) <i>reconhecimento</i> da existência de uma relação entre a posição do Sol no céu ao longo do dia e as sombras dos objetos, <i>sem</i> uma justificativa razoável.	13,3%	32,1%	40,0%	35,7%
c) <i>não reconhecimento</i> da existência de uma relação entre a posição do Sol no céu ao longo do dia e as sombras dos objetos.	6,7%	7,1%	6,7%	7,1%
d) outra resposta ou ausência de uma resposta.	6,7%	21,5%	6,7%	0,0%

Tabela 1 - Percentual de respostas à primeira questão

Antes da realização da atividade, a maior parte dos estudantes (86,6% no primeiro grupo e 71,4% no segundo), admitia existir uma conexão entre a posição no Sol no firmamento em diferentes momentos do dia e as sombras produzidas pelos objetos. Após a interação com o relógio de Sol, essa proporção manteve-se a mesma no primeiro grupo, porém subiu para 92,9% no segundo grupo.

Pode-se notar também que no segundo grupo, o qual recebeu explicações mais detalhadas sobre o movimento aparente diurno do Sol e seus efeitos sobre as sombras, a proporção de respostas com justificativas razoáveis ampliou-se um pouco após a atividade, de 39,3% para 57,2%. No primeiro grupo, em que esses fenômenos não foram bem explicitados, verificou-se que o percentual de respostas com justificativas razoáveis sofreu um decréscimo de 73,3% para 46,6%, chamando a atenção para a necessidade de se discutir tais ideias com os alunos durante esse trabalho didático.

Desse modo, a participação nessa ação didática favoreceu a percepção do fenômeno para alguns alunos que, a princípio, não possuíam essa noção. Nesse caso, há indicadores de que as explicações fornecidas pelo monitor tiveram um papel importante na assimilação de conceitos pelos participantes que as receberam, pois uma parte destes conseguiu desenvolver ideias apropriadas utilizando suas próprias palavras, denotando algum grau de aprendizagem significativa.

Considerou-se na análise, como justificativa razoável, mencionar a necessidade da luz do Sol para a produção das sombras ou explicitar alguma relação entre o movimento aparente desse astro e as modificações nas sombras dos objetos, mesmo que a explicação não fosse muito elaborada. Algumas das respostas dos estudantes à primeira questão encontram-se reproduzidas na Tabela 2, a fim de ilustrar as categorias estabelecidas.

Categoria	Resposta no Pós-teste
a) <i>reconhecimento</i> da existência de uma relação entre a posição do Sol no céu ao longo do dia e as sombras dos objetos, <i>com</i> uma justificativa razoável.	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Existe. Com o passar das horas o Sol se move e as sombras também</i> (E₂₇). – <i>Sim. Porque de manhã ela tá de um lado, ao meio dia ela tá reta e no final da tarde ela tá do outro</i> (E₂₈). – <i>Sim, porque se não houvesse Sol não haveria sombra</i> (E₃₅).
b) <i>reconhecimento</i> da existência de uma relação entre a posição do Sol no céu ao longo do dia e as sombras dos objetos, <i>sem</i> uma justificativa razoável.	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Sim. O Sol é claridade e as sombras é escuro</i> (E₂₃). – <i>Sim</i> (E₃₃).
c) <i>não reconhecimento</i> da existência de uma relação entre a posição do Sol no céu ao longo do dia e as sombras dos objetos.	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Não. Porque se nós movimentarmos a sombra ela irá se movimentar</i> (E₉). – <i>Não. O Sol muda a cada estação</i> (E₁₇).
d) outra resposta ou ausência de uma resposta.	– [espaço em branco] (E ₁₁).

Tabela 2 - Exemplos de respostas dos alunos à primeira questão

As respostas à segunda questão foram divididas em quatro categorias:

a) *reconhecimento* da possibilidade de se utilizar a sombra dos objetos para determinar as horas, *com* uma justificativa razoável;

b) *reconhecimento* da possibilidade de se utilizar a sombra dos objetos para determinar as horas, *sem* uma justificativa razoável;

c) *não reconhecimento* da possibilidade de se utilizar a sombra dos objetos para determinar as horas;

d) outra resposta ou ausência de uma resposta.

Na Tabela 3, indica-se, para a segunda questão, o percentual de alunos com respostas em cada categoria, no pré-teste e no pós-teste.

Categoria	Pré-teste		Pós-teste	
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 1	Grupo 2
a) <i>reconhecimento</i> da possibilidade de se utilizar a sombra dos objetos para determinar as horas, <i>com</i> uma justificativa razoável.	46,7%	32,1%	53,3%	32,1%
b) <i>reconhecimento</i> da possibilidade de se utilizar a sombra dos objetos para determinar as horas, <i>sem</i> uma justificativa razoável.	20,0%	32,1%	33,3%	42,7%
c) <i>não reconhecimento</i> da possibilidade de se utilizar a sombra dos objetos para determinar as horas.	26,6%	32,1%	6,7%	21,5%
d) Outra resposta ou não respondeu.	6,7%	3,7%	6,7%	3,7%

Tabela 3 - Percentual de respostas à segunda questão

Inicialmente, a maior parte dos alunos (66,7% no primeiro grupo e 64,2% no segundo) considerava ser factível determinar as horas analisando-se a sombra de um objeto. Após o conhecimento do funcionamento do relógio de Sol, a proporção de estudantes com essa visão ampliou-se, passando para 86,6% no primeiro grupo e 74,8% no segundo. Assim, a atividade contribuiu para uma parte dos alunos, a princípio sem essa noção, ampliar a visão sobre o tema, a partir de observações de um dispositivo concreto.

No entanto, o percentual de respostas contendo uma explanação razoável teve somente uma pequena variação no primeiro grupo, de 46,7% para 53,3%, e permaneceu constante no segundo grupo, em 32,1%. Tal resultado reflete uma limitação da atividade em favorecer a diferenciação progressiva das ideias, com a construção de respostas mais detalhadas em relação a esse aspecto.

Uma justificativa foi classificada como razoável se mencionasse um relógio de Sol como exemplo de instrumento capaz de aproveitar a sombra de um objeto para a leitura das horas, ou considerasse a mudança nas sombras ao longo do tempo, ou ainda relacionasse a variação da posição aparente do Sol ao longo do tempo com uma correspondente modificação na sombra, mesmo que a argumentação não estivesse plenamente desenvolvida. Algumas das respostas dos estudantes à segunda questão encontram-se reproduzidas na Tabela 4, a fim de ilustrar as categorias estabelecidas.

Categoria	Resposta no Pós-teste
a) <i>reconhecimento</i> da possibilidade de se utilizar a sombra dos objetos para determinar as horas, <i>com</i> uma justificativa razoável.	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Sim. O relógio de Sol pode mostrar as horas conforme a sombra dos objetos</i> (E₃). – <i>Sim, quando o Sol muda de direção muda de horário, assim as sombras podem ser utilizadas para contar as horas</i> (E₆). – <i>Sim. Porque o Sol gira em torno dos objetos e assim sabemos as horas</i> (E₁₅).
b) <i>reconhecimento</i> da possibilidade de se utilizar a sombra dos objetos para determinar as horas, <i>sem</i> uma justificativa razoável.	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Sim</i> (E₁₁). – <i>Sim, porque tem a claridade do Sol</i> (E₂₅).
c) <i>não reconhecimento</i> da possibilidade de se utilizar a sombra dos objetos para determinar as horas.	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Não. Objetos não podem mostrar horas</i> (E₅). – <i>Não, porque tem dias que não tem Sol</i> (E₃₉).
d) Outra resposta ou não respondeu.	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Não sei</i> (E₂₃).

Tabela 4 - Exemplos de respostas dos alunos à segunda questão

As respostas à terceira questão foram divididas em quatro categorias:

a) *opinião* de que o Sol passa *diariamente* por um ponto bem acima da cabeça do observador, em Foz do Iguaçu;

b) *opinião* de que o Sol *nunca* passa por um ponto bem acima da cabeça do observador, em Foz do Iguaçu;

c) *opinião* de que o Sol *às vezes* passa por um ponto bem acima da cabeça do observador, em Foz do Iguaçu;

d) outra resposta ou ausência de uma resposta.

Na Tabela 5, indica-se, para a terceira questão, o percentual de alunos com respostas em cada categoria, no pré-teste e no pós-teste.

Categoria	Pré-teste		Pós-teste	
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 1	Grupo 2
a) <i>opinião</i> de que o Sol passa <i>diariamente</i> por um ponto bem acima da cabeça do observador, em Foz do Iguaçu.	86,6%	67,9%	79,9%	32,2%
b) <i>opinião</i> de que o Sol <i>nunca</i> passa por um ponto bem acima da cabeça do observador, em Foz do Iguaçu.	6,7%	14,3%	6,7%	46,4%
c) <i>opinião</i> de que o Sol <i>às vezes</i> passa por um ponto bem acima da cabeça do observador, em Foz do Iguaçu.	0,0%	0,0%	6,7%	7,1%
d) outra resposta ou ausência de uma resposta.	6,7%	17,8%	6,7%	14,3%

Tabela 5 - Percentual de respostas à terceira questão

Antes da prática com o quadrante solar, a maior parte dos estudantes, em ambos os grupos (86,6% no primeiro grupo e 67,9% no segundo), pensava que o Sol poderia passar por um ponto imediatamente acima da cabeça do observador na localidade onde residiam, embora esta estivesse situada fora da zona intertropical. Tal noção é relativamente comum, conforme ilustram as pesquisas sobre concepções alternativas com estudantes de diferentes faixas etárias (MACHADO; SANTOS, 2011; TRUMPER, 2001; ZEILIK; SCHAU; MATTERN, 1998).

Após a atividade, verificou-se no segundo grupo uma ampliação na proporção de alunos admitindo o fato de o Sol nunca alcançar o zênite em sua cidade (de 14,3% para 46,4%), enquanto no primeiro grupo o percentual de estudantes com essa visão permaneceu basicamente inalterado, em 6,7%.

A princípio, nenhum aluno foi capaz de explicar a razão de o Sol nunca atingir o zênite em sua cidade, situação que persistiu após a atividade com o quadrante solar, em ambos os grupos. Tal resultado pode estar associado ao fato de que a explicação não é trivial e envolve elementos de Astronomia de posição desconsiderados durante a atividade. No entanto, o simples ato de se comentar a respeito dessa característica da trajetória solar com os estudantes, no contexto da utilização de um relógio de Sol, relacionando-a com a constatação de sempre ser observada alguma sombra projetada por uma haste vertical durante um dia ensolarado naquela localidade, parece colaborar para a assimilação de uma noção inicial que pode ser verificada no dia a dia e cuja explicação poderá ser mais desenvolvida oportunamente.

Algumas das respostas dos estudantes à terceira questão encontram-se reproduzidas na Tabela 6, a fim de ilustrar as categorias estabelecidas.

Categoria	Respostas no Pós-teste
a) <i>opinião</i> de que o Sol passa <i>diariamente</i> por um ponto bem acima da cabeça do observador, em Foz do Iguaçu.	– <i>Sim, em uma certa hora do dia isso acontece porque a Terra faz rotação</i> (E ₃). – <i>Sim, isso acontece no meio dia</i> (E ₆).
b) <i>opinião</i> de que o Sol <i>nunca</i> passa por um ponto bem acima da cabeça do observador, em Foz do Iguaçu.	– <i>Não</i> (E ₁₆). – <i>Não, porque ele muda a cada estação</i> (E ₁₇). – <i>Não, sempre um pouco mais atrás</i> (E ₂₈).
c) <i>opinião</i> de que o Sol <i>às vezes</i> passa por um ponto bem acima da cabeça do observador, em Foz do Iguaçu.	– <i>Não, só em algumas estações</i> (E ₇). – <i>Não sempre</i> (E ₂₅).
d) outra resposta ou ausência de uma resposta.	– <i>Não sei</i> (E ₁₉).

Tabela 6 - Exemplos de respostas dos alunos à terceira questão

As respostas à quarta questão foram divididas em quatro categorias:

a) *reconhecimento* da existência de mudanças na posição do Sol no céu ao longo do ano, *com* uma justificativa razoável;

b) *reconhecimento* da existência de mudanças na posição do Sol no céu ao longo do ano, *sem* uma justificativa razoável;

c) *não reconhecimento* da existência de mudanças na posição do Sol no céu ao longo do ano;

d) outra resposta ou ausência de uma resposta.

Na Tabela 7, indica-se, para a quarta questão, o percentual de alunos com respostas em cada categoria, no pré-teste e no pós-teste.

Categoria	Pré-teste		Pós-teste	
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 1	Grupo 2
a) <i>reconhecimento</i> da existência de mudanças na posição do Sol no céu ao longo do ano, <i>com</i> uma justificativa razoável;	20,0%	17,8%	33,3%	35,7%
b) <i>reconhecimento</i> da existência de mudanças na posição do Sol no céu ao longo do ano, <i>sem</i> uma justificativa razoável;	33,3%	39,3%	53,3%	50,0%
c) <i>não reconhecimento</i> da existência de mudanças na posição do Sol no céu ao longo do ano;	46,7%	28,6%	6,7%	3,7%
d) outra resposta ou ausência de uma resposta.	0,0%	14,3%	6,7%	10,6%

Tabela 7 - Percentual de respostas à quarta questão

Antes de participarem de discussões envolvendo o relógio de Sol, um pouco mais da metade dos estudantes (53,3% no primeiro grupo e 57,1% no segundo) pensava que o Sol sofria mudanças de posição no céu durante o ano. Após a atividade com esse instrumento, essa proporção aumentou, com 86,6% dos estudantes do primeiro grupo e 85,7% do segundo passando a ter essa opinião.

Porém, apenas 20,0% dos alunos do primeiro grupo e 17,8% do segundo conseguiram inicialmente elaborar uma explicação razoável a respeito dessa ocorrência, percentual que subiu pouco após a atividade, atingindo 33,3% no primeiro grupo e 35,7% no segundo. Não houve uma diferença significativa nesse caso no desempenho dos dois grupos, compatível com o fato de terem recebido explicações similares dos monitores quanto a essa questão.

Assim, infere-se que a ação educativa realizada trouxe alguma contribuição para o conhecimento quanto ao movimento aparente anual do Sol, ao menos apontando sua existência para uma parcela dos alunos, embora não tenha sido tão efetiva em colaborar para a diferenciação progressiva do conceito, expressa mediante a formulação de uma explanação mais detalhada.

Na análise das respostas, uma justificativa foi tomada como razoável, mesmo sem ter maior aprofundamento, se fosse especificado algum tipo de mudança na posição do Sol conforme a época do ano, tal como o ponto do horizonte onde este nasce ou se põe, ou houvesse uma associação da sucessão de estações do ano com variações na localização do Sol no firmamento. Algumas das respostas dos estudantes à quarta questão encontram-se reproduzidas na Tabela 8, a fim de ilustrar as categorias estabelecidas.

Categoria	Respostas no Pós-teste
a) <i>reconhecimento</i> da existência de mudanças na posição do Sol no céu ao longo do ano, com uma justificativa razoável.	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Sim, a cada estação o Sol muda de posição quando nasce e se põe (E₆).</i> – <i>Sim. No verão o Sol é mais quente que no inverno. Porque no inverno o Sol tá na região norte da Terra (E₉).</i> – <i>Sim. Apresenta porque tem inverno, outono, verão. Todos esses apresentam mudanças no Sol (E₄₀).</i>
b) <i>reconhecimento</i> da existência de mudanças na posição do Sol no céu ao longo do ano, sem uma justificativa razoável.	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Sim, o Sol apresenta mudanças no ano (E₇).</i> – <i>Sim, porque ele se move (E₃₉).</i>
c) <i>não reconhecimento</i> da existência de mudanças na posição do Sol no céu ao longo do ano.	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Não (E₁).</i> – <i>Durante o ano não, mas durante o dia (E₄₂).</i>
d) outra resposta ou ausência de uma resposta.	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Talvez, porque o ser humano não consegue ver (E₁₃).</i> – <i>Não sei (E₁₉).</i>

Tabela 8 - Exemplos de respostas dos alunos à quarta questão

As respostas à quinta questão foram divididas em quatro categorias:

- a) *reconhecimento* da existência de modificações nas sombras dos objetos durante o ano, *com* uma justificativa razoável;
- b) *reconhecimento* da existência de modificações nas sombras dos objetos durante o ano, *sem* uma justificativa razoável;
- c) *não reconhecimento* da existência de modificações nas sombras dos objetos durante o ano;
- d) outra resposta ou ausência de uma resposta.

Na Tabela 9, indica-se, para a quinta questão, o percentual de alunos com respostas em cada categoria, no pré-teste e no pós-teste.

Categoria	Pré-teste		Pós-teste	
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 1	Grupo 2
a) <i>reconhecimento</i> da existência de modificações nas sombras dos objetos durante o ano, <i>com</i> uma justificativa razoável.	13,4%	14,3%	26,6%	28,5%
b) <i>reconhecimento</i> da existência de modificações nas sombras dos objetos durante o ano, <i>sem</i> uma justificativa razoável.	33,3%	42,9%	40,0%	32,2%
c) <i>não reconhecimento</i> da existência de modificações nas sombras dos objetos durante o ano.	53,3%	32,2%	13,4%	25,0%
d) outra resposta ou ausência de uma resposta.	0,0%	10,6%	20,0%	14,3%

Tabela 9 - Percentual de respostas à quinta questão

A proporção de alunos que, a princípio, reconheciam a existência de alterações nas sombras dos objetos ao longo do ano foi de 46,7% no primeiro grupo e 57,2% no segundo. Logo após a atividade com o relógio de Sol, esse percentual subiu para 66,6% no primeiro grupo e variou pouco no segundo, alcançando 60,7%. A quantidade de estudantes capazes de fornecer uma explicação razoável sobre esse aspecto elevou-se pouco após terem contato com o relógio de Sol, passando de 13,4% para 26,6% no primeiro grupo e de 14,3% para 28,5% no segundo.

Desse modo, nota-se que o trabalho didático efetuado contribuiu para uma pequena fração dos alunos adquirir uma noção quanto à alteração das propriedades das sombras conforme a época do ano. O percentual de alunos capazes de formular uma explanação mais detalhada sobre o fenômeno após a atividade também foi reduzido, indicando que esta não foi muito efetiva em colaborar para a diferenciação progressiva do conceito.

Comparando-se com as respostas à quarta questão, verifica-se que uma parte dos alunos, mesmo passando a admitir a ocorrência do movimento aparente anual do Sol, não estabeleceu uma relação desse fato com o comportamento das sombras dos objetos. Isso denota uma limitação da atividade em favorecer a reconciliação integrativa de ideias nesse caso, a partir da identificação de pontos em comum em fenômenos aparentemente distintos.

No exame das respostas, foram classificadas como razoáveis aquelas justificativas nas quais, mesmo sem um maior grau de desenvolvimento, fez-se referência à mudança no comprimento das sombras conforme as estações do ano, ou se considerou a implicação das variações sazonais na posição aparente do Sol para as sombras dos objetos. Algumas das respostas dos estudantes à quinta questão encontram-se reproduzidas na Tabela 10, a fim de ilustrar as categorias estabelecidas.

Categoria	Respostas no Pós-teste
a) <i>reconhecimento</i> da existência de modificações nas sombras dos objetos durante o ano, <i>com</i> uma justificativa razoável.	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Sofrem. O Sol muda de posição durante o ano, por causa das estações do ano (E₁₄).</i> – <i>Sim. Porque o Sol cada ano tem modificações, então os objetos também têm (E₁₈).</i> – <i>Sim. Tem vezes que elas ficam maiores e tem vezes que ficam pequenas (E₂₇).</i>
b) <i>reconhecimento</i> da existência de modificações nas sombras dos objetos durante o ano, <i>sem</i> uma justificativa razoável.	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Sim, durante o ano isso acontece (E₃).</i> – <i>Sim. Porque os objetos irão se decompor (E₄).</i>
c) <i>não reconhecimento</i> da existência de modificações nas sombras dos objetos durante o ano.	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Não. Porque não se movimentam (E₁₇).</i> – <i>Não, não sofrem (E₂₄).</i>
d) outra resposta ou ausência de uma resposta.	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Não sei explicar (E₃₀).</i>

Tabela 10 - Exemplos de respostas dos alunos à quinta questão

4. Considerações finais

Neste trabalho, buscou-se avaliar os impactos sobre a aprendizagem de alunos do sétimo ano do Ensino Fundamental, desencadeados por uma atividade com um relógio de Sol interativo, no contexto de um centro de Ciências. Foram também identificadas concepções manifestadas pelos estudantes a respeito do movimento aparente do Sol na esfera celeste, sua relação com as sombras dos objetos e a aplicação dos fenômenos para a medição do tempo.

Constatou-se que uma proporção significativa dos estudantes desconhecia inicialmente a maioria dos tópicos tratados. Em particular, foram aspectos mais ignorados o reconhecimento do movimento aparente anual do Sol e o fato de que em

locais fora da zona intertropical esse astro não alcança o zênite, assim como as implicações desses fenômenos para o comportamento das sombras dos objetos.

Uma parte dos alunos assimilou novas noções após conhecer os princípios de funcionamento do relógio de Sol analemático, denotando um potencial educativo da prática com esse instrumento. Uma contribuição foi facultar, a uma parcela dos estudantes, o contato com fenômenos até então desconhecidos, fornecendo possíveis pontos de ancoragem para novas ideias em estudos subsequentes. Outro ponto foi favorecer a elaboração de explicações, mesmo que incipientes, sobre as ocorrências discutidas, indicativas de uma aprendizagem significativa. Porém, a contribuição para o entendimento de algumas das ideias exploradas foi pequena, apontando para a necessidade de se fazer observações, estudos e discussões complementares. Uma parte substancial desse esforço para se alcançar um conhecimento mais bem estruturado caberia à escola, num contexto formal de ensino e aprendizagem.

Devido ao número relativamente pequeno de estudantes envolvidos nesta investigação, o alcance das conclusões obtidas fica limitado. Mas, ainda assim, foram reveladas concepções sobre os temas abordados que poderiam surgir em situações similares, e fornecidos elementos para uma avaliação inicial da atividade descrita, em um ambiente de ensino informal, com dados utilizáveis para comparações em futuros trabalhos.

Agradecimentos

O autor agradece ao Polo Astronômico Casimiro Montenegro Filho, da Fundação Parque Tecnológico Itaipu (PTI), pelo apoio na realização deste trabalho.

Referências

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano, 2003.

FETERIS, S.; HUTTON, D. Astronomy laboratory: what are we going to make today? **Publ. Astron. Soc. Aust.**, v.17, n.2, p. 116–118, 2000. Disponível em: <http://www.publish.csiro.au/?act=view_file&file_id=AS00116.pdf>. Acesso em: 9 mar. 2013.

GASPAR, A. **Museus e centros de ciências**: conceituação e proposta de um referencial teórico. 118 p. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993. Disponível em: <<http://www.casadaciencia.ufrj.br/Publicacoes/Dissertacoes/gaspar-tese.pdf>>. Acesso em: 9 mar. 2010.

JACKSON, E. Daytime astronomy in the northern hemisphere using shadows. **Astronomy Education Review**, v.2, n.2, Sep. 2003 - Jan. 2004. Disponível em: <<http://scitation.aip.org/getpdf/servlet/GetPDFServlet?filetype=pdf&id=AERSCZ000002000002000146000001&idtype=cvips>>. Acesso em: 9 mar. 2010.

LOMB, N. The role of science centers and planetariums. In: PASACHOFF, J. M.; PERCEY, J. R. **Teaching and learning astronomy**: effective strategies for educators worldwide. Cambridge: Cambridge University, 2005. p. 221-226.

MACHADO, D. I.; SANTOS, C. dos. O entendimento de conceitos de astronomia por alunos da educação básica de uma escola pública. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, São Carlos, n.11, p. 7-29, 2011.

MARANDINO, M. A pesquisa em educação nos museus de ciências: uma proposta de agenda. In: CONGRESO NACIONAL DE DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA Y LA TÉCNICA, 12., 2003, León. **Memorias...** México: Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica, 2003. Disponível em: <http://www.somedicyt.org.mx/congreso_2003/Memorias/descargas_pdf/museos_centros/descarga_marandino.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2010.

PADILLA, J. Conceptos de museos y centros interactivos. In: CRESTANA, S. *et al.* (Orgs.). **Educação para a ciência**: curso para treinamento em centros e museus de ciência. São Paulo: Livraria da Física, 2002a. p. 113-141.

PADILLA, J. Museos y centros de ciencia de México. In: CRESTANA, S. *et al.* (Orgs.). **Educação para a ciência**: curso para treinamento em centros e museus de ciência. São Paulo: Livraria da Física, 2002b. p. 41-58.

REIS, V. L.; MACHADO, D. I. A construção de um relógio de Sol analemático e seu uso como instrumento didático. CONGRESSO DA ACADEMIA TRINACIONAL DE CIÊNCIAS, 2., Foz do Iguaçu, 2007. **Anais...** Foz do Iguaçu, Unioeste, 2007.

SAAD, F. D. Centros de ciências: as atuais vitrinas do mundo da difusão científica. In: CRESTANA, S.; CASTRO, M. G. de; PEREIRA, G. R. de M. (Orgs.). **Centros e museus de ciências**: visões e experiências: subsídios para um programa nacional de popularização da ciência. São Paulo: Saraiva, 1998. p. 20-25.

TRUMPER, R. A cross-age study of junior high school students' conceptions of basic astronomy concepts. **International Journal of Science Education**, [S.l.], v.23, n.11, p. 1.111-1.123, 2001.

ZEILIK, M.; SCHAU, C.; MATTERN, N. Misconceptions and their change in university-level astronomy courses. **The Physics Teacher**, [S.l.], v.36, n.2, p. 104-107, Feb. 1998.