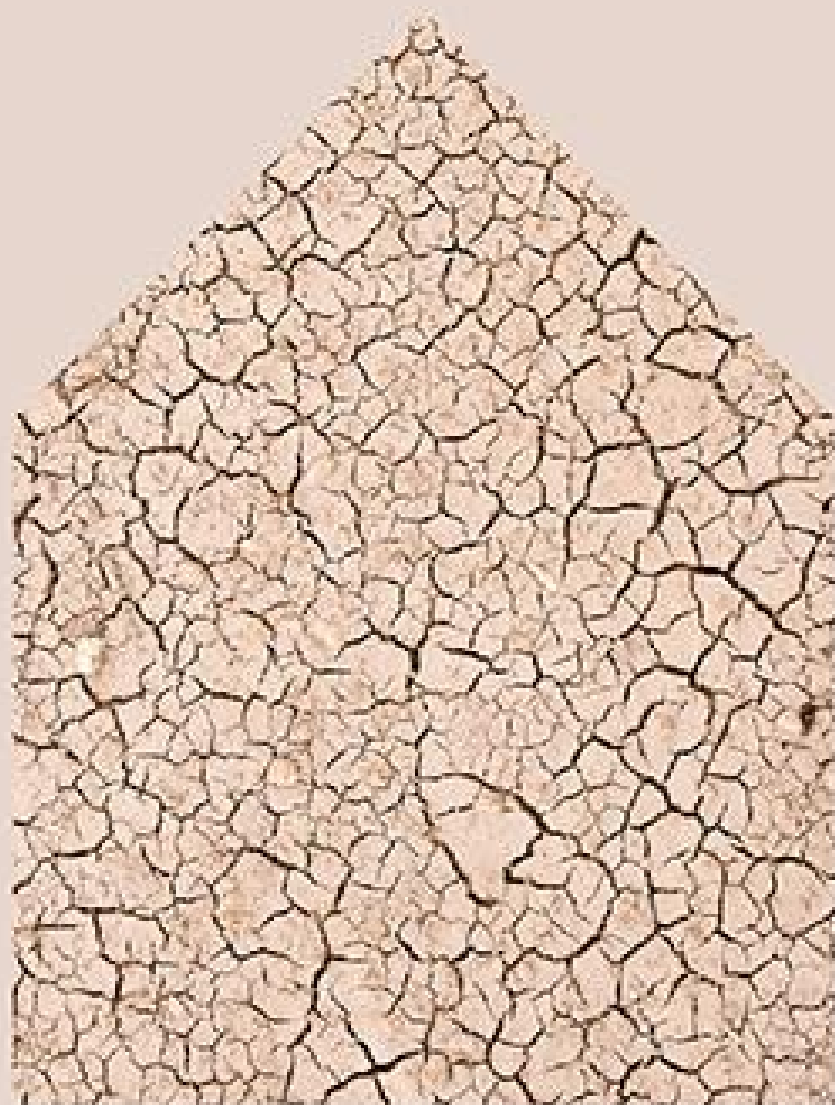




Revista
Hábitat Sustentable
ISSN-0719 - 0700 / Vol. 1 N° 1 / jul-dic 2011

V1N1



EDITORIAL

El lanzamiento del primer número de la revista Hábitat Sustentable ha sido el resultado de un largo proceso impulsado por motivación, compromiso y dedicación de un cuerpo académico de la Facultad de Arquitectura, Construcción y Diseño de la Universidad del Bío-Bío en torno al objetivo de crear una revista científica en el área del hábitat sustentable.

La idea de crear esta revista nació de la necesidad de contar con un medio de diseminación de la creciente productividad científica generada en Latinoamérica como resultado de investigaciones en temáticas relacionadas con la sustentabilidad del ambiente construido. Observamos que a la fecha las revistas científicas que abordan esta área específica del conocimiento tienen un carácter internacional y son editadas en inglés, por lo que esta revista espera cubrir los intereses del medio Latinoamericano al editarse en idiomas español, portugués e inglés; y abarcar investigaciones de interés para nuestra región, pero con potencial impacto científico global.

La revista tiene un formato internacional basado en Open Journal System, que permite ser riguroso en los procesos de recepción de artículos, revisión por pares, edición y publicación; y que fundamentalmente permite que los artículos publicados sean accesibles online de manera libre y abierta, por lo que los autores pueden confiar en procesos de evaluación transparentes y amplia diseminación de sus trabajos.

Este primer número incluye artículos originales e innovadores, que abordan distintos ángulos de la problemática que nos convoca, reuniendo trabajos que van desde una reflexión acerca del proceso de diseño integrado hasta el análisis de soluciones constructivas específicas para la sustentabilidad, provenientes de contextos tan variados como Brasil, Colombia y Chile.

El primer artículo analiza el proceso de diseño integrado de viviendas energéticamente eficientes en Chile, que se realizan en el marco de la reconstrucción post-terremoto del 27 de Febrero de 2010. La investigación analiza los procesos de diseño de casos de estudio de

viviendas, realizando seguimientos y entrevistas a los equipos de diseño, llegando a conclusiones claves para promover esta innovadora forma de trabajo.

El segundo artículo propone una interesante metodología para un análisis de ventanas que nace de la evaluación de la percepción de los usuarios de viviendas en la ciudad de Vitoria, en Brasil, considerando aspectos de confort térmico, enfatizando el rol de la ventilación natural como estrategia fundamental de diseño en este contexto climático.

El tercer artículo analiza los materiales sustentables en el Estado de Espírito Santo en Brasil, realizando un levantamiento de la disponibilidad de materiales sustentables en la zona, análisis de obras y encuestas a los usuarios de los materiales, llegando a clasificar a los usuarios según su relación y nivel de compromiso con los materiales sustentables.

El cuarto artículo presenta un análisis de la arquitectura en tierra en Colombia, comenzando por una mirada histórica, que evoluciona hacia una reflexión sobre sus características de sustentabilidad y un análisis de su aplicabilidad dentro de las normativas locales.

El último artículo analiza aspectos de durabilidad de sistemas constructivos en rollizos de madera de eucaliptus, en el contexto específico del Estado de Espírito Santo en Brasil, llegando a destacar la importancia de la etapa de detalles dentro del proceso de diseño para lograr soluciones más durables y por ende más sustentables.

Finalmente, queremos agradecer a los autores que han enviado sus artículos con entusiasmo y confianza en esta nueva revista, como también al equipo de pares evaluadores internacionales que han demostrado la dedicación y el rigor necesarios para avanzar en este nuevo desafío.

Dra. Maureen Trebilcock
Editora
Revista Hábitat Sustentable



Diseño Integrado para Viviendas Energéticamente Eficientes en Chile: Enhebrando Capacidades

Integrated Design for the development of energy efficient housing in Chile: threading abilities

Underlea Miotto Bruscatto ^(a); Rodrigo García Alvarado ^(b); Olavo Escorcía Oyola ^(c); Maureen Trebilcock Kelly ^(d); Flavio Celis Damico ^(e).

^(a) *Universidade do Vale do Rio Sinos, Unisinos – email: bruscatop@unisinos.br*

^(b) *Universidad del Bío - Bío, Chile – email: rgarcia@ubiobio.cl*

^(c) *Universidad Nacional, Colombia – email: oescorciao@unal.edu.co*

^(d) *Universidad del Bío - Bío, Chile – email: mtrebilc@ubiobio.cl*

^(e) *Universidad de Alcalá, España – email: flavio.celis@uah.es*

RESUMEN

Palabras clave:

Vivienda
Diseño Integrado
Eficiencia Energética
Chile

El diseño integrado es una estrategia para desarrollar proyectos de arquitectura sustentable, incorporando trabajo multidisciplinario y evaluaciones de desempeño, que ha demostrado ser un aporte relevante en la ejecución de edificios públicos de países desarrollados. Este artículo presenta la revisión de aspectos de diseño integrado para la elaboración de viviendas energéticamente eficientes en la zona sur de Chile, destinadas en particular a la reconstrucción post terremoto del 27 de Febrero del 2010. Realizando primeramente una síntesis de características de los procesos de diseño integrado, sus condiciones implícitas, participantes, etapas, recursos y resultados esperados según referencias internacionales. Luego se contrasta con la práctica regular de diseño de viviendas en Chile según la regulación vigente y entrevistas a profesionales. Posteriormente se analizan procesos de diseños de casas experimentales y conjuntos habitacionales particularmente enfocados al desempeño energético, realizando seguimientos y entrevistas para revisar aspectos significativos. Identificando algunas consideraciones y recursos relevantes aplicados en el diseño de las viviendas que permitieron el logro de mejoramientos ambientales.

ABSTRACT

Keywords:

Housing
Integrated design
Energy Efficiency
Chile

Integrated design is a strategy for the development of sustainable architecture, incorporating interdisciplinary work and performance assessment within the design process, which has become a relevant contribution to the development of public buildings in industrialized countries. This article presents a review of aspects related to integrated design for the development of energy efficient housing in the

southern area of Chile, oriented to the reconstruction process after the earthquake of the 27th of February, 2010. Firstly, it synthesizes the characteristics of the Integrated Design Process, its implicit conditions, participants, stages, resources and expected results, according to international references. It also compares this with the common practice of the design of houses in Chile under the current regulations and through interviews to professionals. Then, it analyses the design process of experimental houses and housing projects specifically focused on energy performance, carrying out interviews to revise significant aspects, identifying relevant resources applied to the design of houses that permitted the achievement of environmental improvements.

1. Introducción

El desarrollo sostenible obliga abordar nuevos aspectos en el diseño de las viviendas, especialmente para reducir su demanda energética; debido a que la edificación residencial es uno de los sectores de mayor consumo de energía. Por ejemplo en Chile consume más del 20% del total nacional (Rozas y Bardi, 2010), además que proviene de fuentes mayormente no-renovables. A la vez, se enfrentan requerimientos de mayor calidad ambiental, aumento poblacional y catástrofes naturales, que obligan a una renovación creciente del parque habitacional. El terremoto ocurrido el 27 de Febrero de 2010 en la zona sur del país, deterioró cerca de un 30% de las viviendas existentes en las tres regiones afectadas (Maule, Bío - Bío y Araucanía), que poseen aproximadamente 4.000.000 de habitantes, lo que requiere el desarrollo de diversas iniciativas de construcción residencial.

Por esta razón, en una acción conjunta entre la Universidad del Bío - Bío y la Agencia Chile de Eficiencia Energética a través del proyecto MEL 81100032 financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONICYT), se ha planteado el estudio de condiciones adecuadas para una planificación habitacional que incorpore un mejor desempeño energético. Considerando que actualmente se están ejecutando diversos programas públicos de re-construcción y mejoramiento habitacional, así como iniciativas privadas de edificación colectiva e individual, que abordan la ejecución y rehabilitación de viviendas. Estas acciones, adoptan procedimientos y tipologías arquitectónicas similares a las existentes, constituidas mayormente por urbanizaciones periféricas de viviendas aisladas en uno o dos pisos de albañilería reforzada y techumbre de madera (Fig. 1). En una zona que presenta un

clima templado-frío, con alta humedad en las zonas costeras, que generan especialmente demandas puntuales de calefacción en invierno para alcanzar un confort ambiental adecuado.



Figura 1: Viviendas de Reconstrucción en la Zona (elaboración propia).

Figure 1: Housing Reconstruction in the Area (own elaboration)

El diseño sostenible de viviendas implica revisar distintas condiciones de la ejecución y ocupación de las edificaciones que van desde la utilización de materiales más renovables hasta establecer agrupaciones de menor impacto territorial pasando por ejemplo por estrategias de climatización pasiva. Estas medidas, deben considerar siempre una resolución adaptada a las condiciones locales y a las relaciones culturales y ambientales (CE, 2007). En los estudios sobre la construcción residencial en Chile (como Bustamante, 2009, Rozas y Bardi, 2010), se enfatiza para estas zonas la necesidad de mejorar el desempeño higo-térmico de la envolvente (lo que se ha recogido parcialmente en nuevas regulaciones), así como consideraciones

volumétricas y constructivas. Indudablemente, esto requiere de una evaluación cabal de las condiciones habitacionales y de la modificación de las prácticas de ejecución.

Esto se ha conseguido en los países desarrollados elaborando proyectos arquitectónicos que desde el comienzo consideren aspectos sostenibles, a través de un proceso denominado de “diseño integrado” (Lohner et al, 2003; Zimmerman, 2004), el cual ha demostrado una notable contribución en la ejecución de edificaciones de mejor desempeño ambiental. Sin embargo, no se dispone de consideraciones específicas de este procedimiento para la construcción residencial, especialmente en el ámbito latinoamericano.

Por este motivo, el objetivo de esta investigación fue determinar aspectos significativos del proceso de diseño integrado que se puedan aplicar en la reconstrucción de viviendas en la zona sur de Chile, para alcanzar así mejoras en su desempeño energético. A través de revisar las características y condiciones sugeridas para el proceso de diseño integrado en relación a la práctica regular de los proyectos de viviendas en el país y a la práctica avanzada en algunos casos de estudio. Se efectuaron entrevistas a profesionales y análisis de documentos y diseños, así como el seguimiento de un par de proyectos de edificación residencial en la zona que se plantearon metas ambientales. Identificando finalmente algunas consideraciones relevantes para el logro de mejoramientos energéticos en el diseño de viviendas.

2. Características del Diseño Integrado

El diseño integrado es una estrategia de trabajo surgida en la última década en el medio profesional anglosajón, que se ha sido aplicada en distintas experiencias, especialmente de edificios públicos (como lo ejemplifica Lohner et al, 2003; Zimmerman, 2004; Moe, 2008; 7Group y Reed, 2009; Semple, 2009; Keeler y Burke, 2009; Yudelson, 2009, Kowk y Grondzik, 2011), y ha sido revisada en algunas casos latinoamericanos (Trebilcock, 2009; Figuereido y Silva, 2010). Esta estrategia pretende promover una arquitectura más sustentable a través de la colaboración multidisciplinaria temprana, fundamentando que en las primeras fases del proyecto se pueden definir aspectos sustanciales para el mejor desempeño ambiental de un edificio. Más aún, de acuerdo a EC, 2009, se pueden conseguir reducciones de hasta un 80% de los costos

operacionales. El proceso de diseño integrado contempla en general las siguientes características (Tabla 1);

1. Motivación; los participantes están comprometidos con elaborar un proyecto de edificación que contribuya al desarrollo sostenible.

2. Metas; se establecen objetivos globales y requisitos medibles de bajo impacto y buena calidad ambiental que debe alcanzar el diseño.

3. Holística; se revisa información amplia para el proyecto (en particular del sitio, clima y cultura local, materiales y sistemas, comportamiento de usuarios, etc.).

4. Coordinación; se establece una dirección o apoyo central, distribuyendo y vinculando actividades.

5. Multidisciplina; participan distintos profesionales y también otras personas interesadas o involucradas en el proyecto.

6. Extensión; el proceso se desarrolla desde el comienzo del diseño, en todas sus fases, incluso en la ejecución y ocupación.

7. Análisis; las decisiones de diseño son revisadas en una secuencia reiterativa incrementando el logro de los requisitos planteados.

8. Evaluaciones; se efectúan preliminarmente cuantificaciones específicas (en particular demanda/consumo energético, y costos de construcción/operación).

9. Innovación; el proyecto incorpora condiciones novedosas respecto a la generalidad de los diseños, en particular recuperando condiciones vernáculas.

10. Verificaciones; se establece alguna comprobación de los requisitos iniciales considerados en el diseño.

Aunque estas características se pueden reconocer en cualquier proyecto arquitectónico, se distinguen en estos procesos por su cumplimiento expreso. Enfatizando la participación de distintos profesionales y el logro de mejoramientos sostenibles. Para desarrollar esta estrategia se asumen también algunas condiciones, como el requerimiento de un edificio con desempeño ambiental relevante, una formación especializada en construcción sostenible de parte de algunos participantes, capacidad de organización del grupo, el manejo de herramientas de evaluación y verificación de

desempeños ambientales y la disponibilidad de información específicamente del lugar, productos y comportamientos. Así como una magnitud del proyecto que permita un trabajo multidisciplinario y mejoramientos, en particular la asignación o transferencia de los costos mayores de proyecto y construcción, y eventualmente plazos más extensos. También se considera la existencia de certificaciones, regulaciones o referencias sostenibles (principalmente LEED), la adopción de las características de diseño en la construcción y ocupación del edificio, la resolución de las responsabilidades y riesgos combinados de diseño, y la compatibilidad de los mejoramientos sostenibles con las expectativas estéticas, culturales, funcionales y presupuestarias del proyecto.

Los participantes normalmente considerados en el proceso son;

1. Coordinador; un especialista asesor, facilitador o director, suele ser un gestor de proyecto (project management), vinculado al diseño o la operación inmobiliaria.
2. Arquitecto
3. Ingeniero Estructural
4. Ingeniero o Técnico Sanitario
5. Ingeniero o Técnico Eléctrico
6. Ingeniero o Técnico de Climatización (a veces, especialista en simulación energética).
7. Ingeniero constructor o representante de la entidad ejecutora del edificio.
8. Mandante o representante de los propietarios del edificio.
9. Usuarios o representante de los ocupantes del edificio.
10. Agente público o representante de la regulación de edificación.

Aunque los actores 8, 9 y 10 son rara vez mencionados durante el proceso.

Se insiste fundamentalmente en la participación simultánea de profesionales con distintas mentalidades en las diversas decisiones de diseño. Planteando el principio de las 4'E: "*Engage Everyone Early in Each Issue*" (involucre a cada uno temprano en cada tema) según 7 Group y Reed (2009).

Aplicando estas condiciones en las distintas etapas del proyecto; desde la revisión de antecedentes, el diseño preliminar o esquemático, el desarrollo o proyecto arquitectónico, la definición constructiva y proyectos especializados, hasta la ejecución y ocupación del edificio. Considerando una participación concurrente de los distintos especialistas en cada fase del diseño.

Por otro lado, se advierten la utilización de distintos recursos en el proceso, como los tradicionales planos de arquitectura e ingeniería, así como software de diseño tridimensional o BIM (modelación constructiva), y software de análisis energético, de iluminación, ventilación (CFD) y/o acústico. Efectuando jornadas de trabajo colectivas (eco-charrete), lo que exige establecer un cronograma de reuniones y un cuadro de participantes, definiendo frecuentemente una tabla de Desempeños o Chequeo de la Certificación esperada. Se realizan isométricas de volúmenes con asoleamiento en distintas fechas/horarios, cortes con flujos de aire y radiación en diferentes estaciones del año y detalles constructivos de envolventes con cálculos de transmitancia. En algunos casos también la evaluación económica de costos de construcción y retorno de la inversión, un análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. Así como vistas exteriores realistas (renders) para comprobar diseño final, y gráficos de demanda/consumo energético anual.

Finalmente el diseño integrado se conduce a ciertos resultados, primeramente los propios de un proyecto de edificación; una distribución funcional, resolución constructiva y costo global (verificables según normativas o solicitudes expresas). Además de una apariencia interior y exterior adecuadamente aceptable por los ocupantes y la sociedad.

En las condiciones ambientales se suele seguir una regulación o certificación, o desempeños específicos en demanda/consumo energético anual por unidad de superficie (a veces expresada en condiciones constructivas o de sistemas), magnitudes de temperatura, humedad o renovación de aire interior, aislación higro-térmica, permeabilidad, protección hídrica y aislación acústica de la envolvente, monto de CO₂, ciclo de vida de materiales, consumo de agua, residuos, etc.

Tabla 1: Características, condiciones, participantes, procesos, recursos y resultados del diseño integrado
Table 1: Characteristics, conditions, participants, processes, resources and results of integrated design

| CARACTERÍSTICAS | CONDICIONES | PARTICIPANTES | PROCESO | RECURSOS | RESULTADOS |
|--------------------|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------|-------------------------|
| Motivación | Requerimiento | Coordinador | Antecedentes Diseño | Planos de Arq. E Ing. | Distribución Funcional |
| | | | | Software 3D o BIM | Definición Constructiva |
| Metas | Formación | Arquitecto | Diseño preliminar | Software Simulación | Costo Global |
| | | | | Jornadas de trabajo | Apariencia adecuada |
| Holístico | Capacidad | Ing. Estructural | Desarrollo diseño | Cronograma reuniones | Certificación |
| Coordinado | Software | Ing. / tec. Sanitario | Desarrollo constructivo | Cuadro participantes | Demanda/Consumo |
| | | | | Tabla de desempeño | Magnitud de T° |
| Multidisciplinario | Disponibilidad de Información | Ing./ tec. Electricista | Construcción | Estudio Asoleamiento | Humedad |
| Extenso | Magnitud | Ing./ tec. Climatización | Ocupación del edificio | Estudio aire/Rad. Sol | Renovación de aire |
| | | | | Estudio envolvente | Aislación higrótérmica |
| Analítico | Cert. Y Regulaciones | Ing. Constructor | | Evaluación Económica | Permeabilidad |
| | | | | | Protección hídrica |
| Evaluado | Adopción del edificio | Mandante/ propietario | | Análisis F.O.D.A | Aislación acústica |
| | | | | | Monto CO2 |
| Innovador | Resolución | Usuarios | | Representación grafica | Ciclo de vida |
| Verificador | Compatibilidad | Agente Público | | Gráficos energéticos | Consumo de agua |
| | | | | | Residuos |

3. Aplicación en Chile

Para revisar las posibilidades de implementación del proceso diseño integrado en la ejecución de viviendas en Chile, se efectuó primero una contrastación de sus características con la práctica regular en el país, y luego una revisión más exhaustiva en algunas prácticas avanzadas. Con el fin de detectar aspectos significativos que pudieran contribuir en particular a mejorar el desempeño energético de las viviendas en la zona. De acuerdo los estudios locales (Bustamante, 2009, Rozas y Bardi, 2010) y principios generales (CE, 2007), estos deben ser fundamentalmente adaptaciones de la volumetría, materialidad de la envolvente y sistemas de climatización, principalmente para reducir vastos consumos de calefacción en invierno.

En la práctica regular, se revisaron primero la presencia de condiciones de diseño integrado en las normativas generales de proyecto y construcción residencial, y luego se efectuaron entrevistas semi-estructuradas a algunos profesionales con vasta experiencia en diseño habitacional en la zona. Realizando transcripciones y resúmenes temáticos de estos antecedentes, que luego se compilaron en una valoración en los distintos aspectos de diseño integrado (características, condiciones, participantes, etapas, recursos y resultados).

En la legislación de edificación actualmente vigente en Chile (Ordenanza General de Construcciones y Urbanización), para un proyecto de vivienda individual se considera una fase general de proyecto, previa a la construcción, con la participación obligatoria exclusivamente del arquitecto, y del propietario como suscriptor de los documentos finales, y ambos en la certificación final de ejecución, junto con la provisión de servicios sanitarios y eléctricos. En los proyectos de conjuntos habitacionales se exigen antecedentes adicionales de urbanización vial, sanitaria y eléctrica, suscritos por profesionales especializados. Exigiendo algunas condiciones formales de vialidad, volumen y aberturas por funcionalidad, asoleamiento y ventilación, (aunque independientes de su localización o distribución). Así como características constructivas de soporte estructural y control de calidad. A partir del año 2000 se implemento una normativa térmica que exige condiciones de aislación térmica en la envolvente de techos, muros y pisos (solo para vivienda), que ha demostrado una aplicación y desempeño regular. Se comprometió para el año 2010 una certificación térmica global que ha sido postergada.

Los profesionales consultados corresponden a arquitectos con oficinas privadas independientes, que presentan una experiencia

media de unos cincuenta proyectos de vivienda mayormente individuales, como también algunos conjuntos, localizadas en las ciudades mayores de la zona. En las entrevistas expresaron realizar un proceso de diseño bastante autónomo (Fig. 2), con etapas progresivas revisadas con los mandantes que se concentran mayormente en requerimientos programáticos, de costo global y aprobación de apariencia. Considerando visita a los sitios y observación de usuarios. Ocasionalmente, de manera tardía y parcial, participan de profesionales estructurales, sanitarios o eléctricos cuando los proyectos poseen complejidades particulares. Escasamente de climatización o incluso de construcción. La ejecución presenta frecuentes modificaciones de diseño, concertadas parcialmente entre mandante, constructor y arquitecto, con la participación ocasional de instaladores. Desde la implementación de normativas térmicas se incrementaron los aislamientos de envolvente, según consideraciones prescriptivas (espesor de materiales según zonas geográficas o soluciones constructivas certificadas), pero sin evaluar o verificar sus desempeños.



Figura 2: Participantes según Diseño Integrado vs. Práctica Regular en Chile (elaboración propia)

Figure 2: Participants according to Integrated Design vs. Regular Practice in Chile (own elaboration)

Con el fin de revisar una variedad de experiencias locales, se eligieron como práctica avanzada, algunos casos de estudio que plantearon objetivos especiales de calidad constructiva y desempeño ambiental. Se analizaron los diseños y sus procesos de proyecto y ejecución, mediante entrevistas, revisión de documentos y visitas a obras, y, en algunos casos, seguimientos y asistencia a reuniones de diseño.

Primeramente se analizaron dos viviendas individuales de arquitectos con relevante reconocimiento profesional que abordaron encargos con intenciones ambientales específicas (Casa Arco de Pezo Von Ellrichausen en Concepción, y Casa Marti en Villarica de Pablo Sills). Ambas son viviendas construidas, por lo

que se pudieron revisar los desempeños reales de la obra. Como también el desarrollo de una vivienda para un conjunto de treinta y dos unidades en ejecución en la periferia de Concepción, en que los gestores inmobiliarios de amplia experiencia nacional y local habían promovido un nuevo diseño buscando mejoramientos constructivos, energéticos y funcionales. Dos casos más de viviendas experimentales (una individual y otra en conjunto de ocho unidades), en que están involucrados la Universidad y otras entidades desarrollando soluciones de alto desempeño ambiental, utilizando estrategias de diseño multidisciplinario, en los cuales se pudo realizar un revisión continua y directa del proceso.

De modo que se estudiaron cinco casos avanzados, tres individuales y dos de conjuntos (Fig. 3). En los cuales tres ya están ejecutados (dos individuales y un conjunto), por lo que se consulto el proceso desarrollado y se revisaron las condiciones de diseño logradas, y dos en proyecto en que se realizó un seguimiento. El primer proyecto revisado de manera continua está destinado a una agrupación de ocho viviendas aisladas de interés social (aproximadamente 55 m² cada una) en un suburbio de la ciudad de Temuco. Elaborado entre la organización gremial de empresas constructoras de la región de la Araucanía, la agencia pública de provisión de financiamiento residencial y profesionales de la Universidad del Bío-Bío en el proyecto y ejecución. El segundo proyecto es una vivienda particular de aproximadamente 140 m² ejecutada en un faldeo cercano a la ciudad de Concepción, en la comuna de San Pedro de la Paz. Ejecutado con un mandante privado y profesionales universitarios involucrados en un proyecto de investigación sobre sistemas constructivos en madera sólida aplicando el estándar alemán de casa pasiva.

Los primeros casos de viviendas ejecutadas con un interés particular de desempeño ambiental revelaron un proceso arquitectónico bastante autónomo, aunque motivado e innovador. Sustentado en una formación avanzada de los profesionales involucrados y estudios específicos del diseño, pero con logros variables y escasa participación multidisciplinaria. En el caso del conjunto inmobiliario se reconoce un proceso bastante estrecho entre el proyecto arquitectónico, la ejecución constructiva y ocupación, pero sin una organización profesional colaborativa o evaluaciones ambientales específicas. Igualmente se asumen

mejoramientos energéticos y materiales, con algunas verificaciones de uso. En los dos proyectos experimentales en desarrollo se advierte una estructuración del proceso y definición de logros, especialmente de calidad constructiva y eficiencia energética, con una organización multidisciplinaria y especializada aunque sin mucha experiencia previa en esta integración y desempeños. Utilizando sistemas computacionales de simulación energética y diseño tridimensional y una amplia discusión profesional temprana. Enfrentando algunas modificaciones o dificultades en los requerimientos y participación disciplinaria, así como en las definiciones técnicas. Alcanzando la elaboración completa de proyectos con expectativas de mejor desempeño ambiental y un relevante respaldo profesional.



Figura 3: Ejemplos de prácticas avanzadas de diseño de viviendas en la zona (P.Sills, Inm. Aconcagua, Serviu y CCHC-IX Región)
Figure 3: Best practices housing design in the area (P.Sills, Inm. Aconcagua, Serviu and CCHC-IX Región)

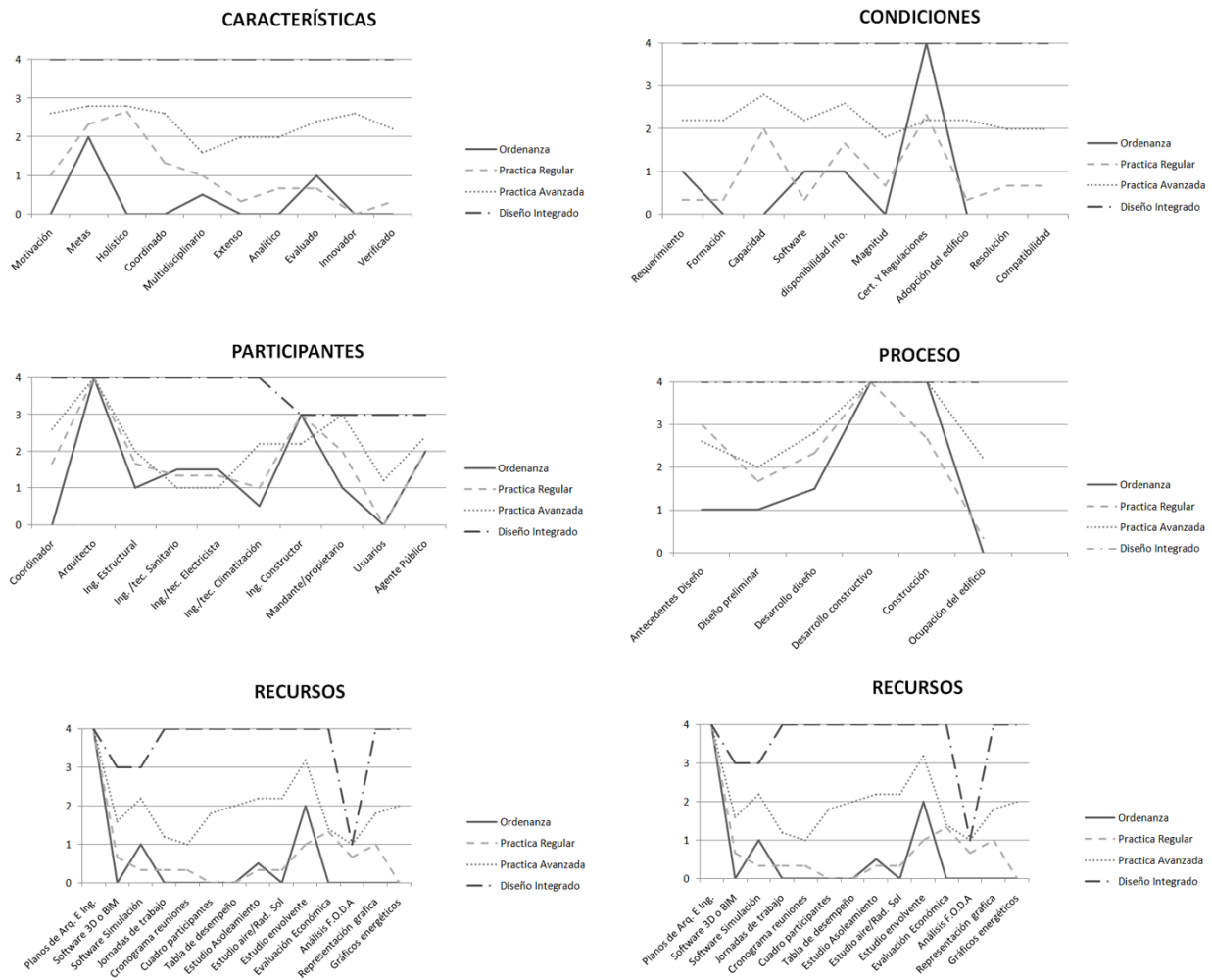


Figura 4: Gráficos comparativos de aspectos de diseño integrado según la ordenanza, práctica regular y avanzada. (elaboración propia)

Figure 4: Comparison charts of integrated design aspects according to common, good and best practice. (own elaboration)

4. Análisis de Procesos de Diseño

En las normativas y prácticas regulares de vivienda en el país se advierte que están alejadas de las consideraciones de diseño integrado sugeridas por los autores anglosajones. Especialmente en aspectos relevantes, como la participación multidisciplinaria, la extensión del proceso y evaluación de los diseños, aunque se reconoce una aproximación integral, el desarrollo de capacidades profesionales e incipiente incorporación de certificaciones. Concentrando el desarrollo en el arquitecto, con alguna participación de mandantes y constructores, y escasamente otros técnicos, en un proceso focalizado en su desarrollo constructivo, utilizando fundamentalmente planos. Logrando resultados arquitectónicos adecuados, pero sin antecedentes sobre desempeño ambiental.

Las prácticas de casos avanzados por su lado presentan un mayor acoplamiento con la estrategia de diseño integrado, especialmente en las metas e innovaciones buscadas, aunque con debilidades también en la participación multidisciplinaria y evaluaciones. Se reconoce una relevante adopción de capacidades y

compromisos de desarrollo, pero las regulaciones y magnitudes de proyecto son reducidas. La colaboración incluye a una amplia diversidad de profesionales, aunque con escasa representatividad de los mandantes, usuarios o ejecutores. El proceso, igualmente se concentra en el desarrollo, pero con mayor actividad en la fase inicial. Los recursos se complementan con acciones de gestión, herramientas de estudio y documentos gráficos. Alcanzando mejores resultados previstos en el desempeño energético, adecuadamente compatibles con el diseño arquitectónico, pero sin expresar otros aspectos ambientales (Fig. 4).

En el seguimiento y revisión detallada de los proyectos con intereses en el desarrollo energético (Vivienda Social en Temuco y Casa Pasiva de Madera Sólida en San Pedro), se identificaron algunas características significativas de diseño integrado, y acciones de compatibilidad entre la propuesta arquitectónica y la eficiencia energética. Aunque se debe reconocer que en ambas iniciativas concurren motivaciones que convocan a profesionales con formación especializada y recursos adicionales, pero

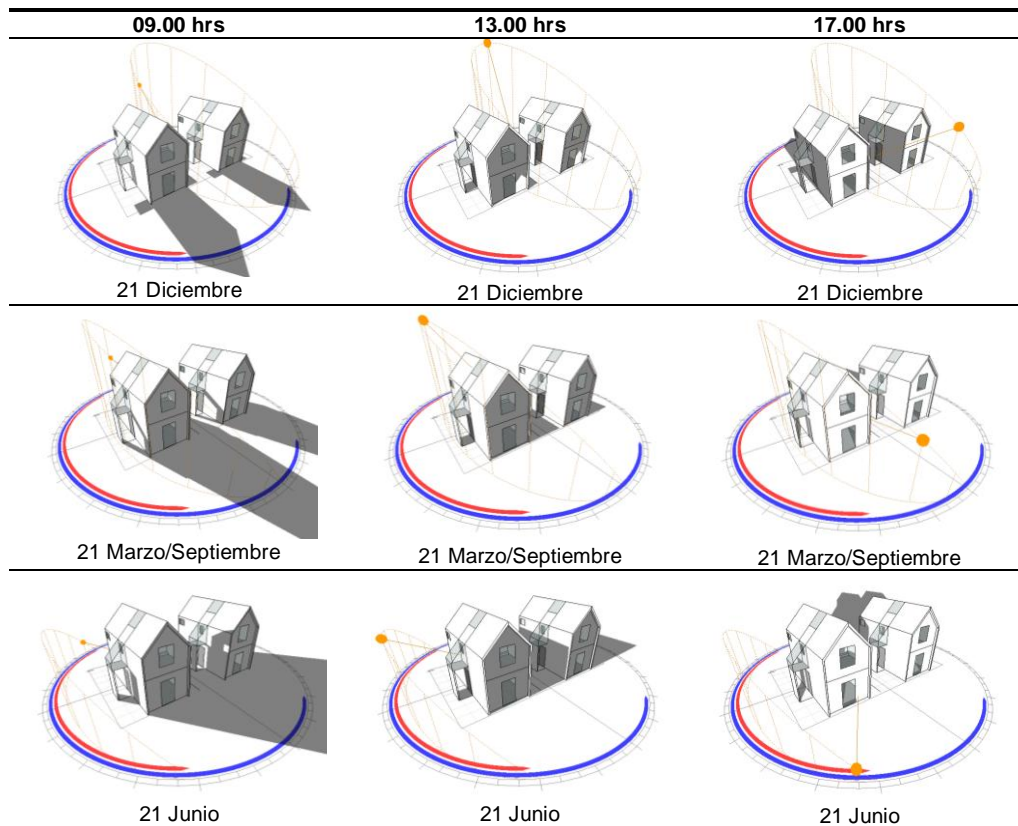


Figura 5: Análisis de Asoleamiento (CChC-IX Región)
Figure 5: Analysis of sun shading (CChC-IX Región)

además participan otros profesionales, entidades y mandantes en condiciones similares a los proyectos regulares de vivienda en la zona. Las dos experiencias establecen metas de comportamiento energético (en Temuco; menos de 48 kwh/m², en San Pedro; 15 kwh/m²), equivalentes al 10-30% de una vivienda equivalente, además de otras condiciones ambientales, expresadas en una tabla de desempeños en el primer caso, o en el estándar de Casa Pasiva en el segundo caso. Con un proceso de trabajo distribuido y jerarquizado entre distintos profesionales; arquitectos en distintos roles e ingenieros de diferentes especialidades, y ocasionalmente representantes de mandantes y constructores. Varios profesionales participantes poseen postgrados en el área, pero los encargados del diseño y ejecución corresponden a profesionales regulares. Ambos casos efectúan encuentros colectivos de trabajo desde la formulación inicial, en que se discuten decisiones de diseño utilizando resultados de evaluaciones numéricas (simulaciones energéticas y presupuestos), y desarrollan propuestas innovadoras de diseño, considerando efectuar verificaciones de desempeño en la ocupación. En los dos proyectos se ha contado con algún financiamiento adicional de diseño y ejecución, con un plazo que se ha extendido más que lo habitual, pero ajustándose a presupuestos regulares de construcción y con compromisos explícitos de ejecución. Se utilizaron planos esquemáticos y detallados de arquitectura, vistas isométricas de volumetrías con asoleamiento en fechas relevantes de un año normal (fig. 5), simulaciones energéticas, estimaciones presupuestarias, cálculos de transmitancia térmica, cortes constructivos con flujos de aire, iluminación natural y radiación, visualizaciones realistas de modelos digitales tridimensionales (Fig. 6 y 7), gráficos de presión de vapor vs. presión de saturación para determinar riesgos de condensación, gráficos de demanda mensual de energía, cuadros de admisión y extracción de aire por recinto, de permeabilidad de aire por tipos de ventanas, etc.

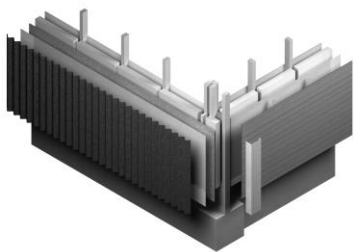


Figura 6: Detalle Constructivo (CChC-IX Región)
Figure 6: Construction Detail (CChC-IX Región)



Figura 7: Imagen del Proyecto de Temuco en CITEC - UBB (CChC-IX Región)

Figure 7: Temuco Project Image in CITEC - UBB (CChC-IX Región)



Figura 8: Reuniones de Diseño (elaboración propia)
Figure 8: Design meetings (own elaboration)

Durante ambos procesos se tuvieron que compatibilizar algunas definiciones de diseño arquitectónico (por requerimientos del mandante, de ejecución o condiciones culturales), con mejoramientos específicos para mejorar el desempeño energético. Estos “conflictos” revelan acciones necesarias para ajustar el proceso tradicional de proyecto con los avances ambientales esperados, expresando de este modo aspectos especialmente significativos para lograr una arquitectura sustentable. Por ejemplo en ambos casos, se tuvo que cambiar de localización y/o buscar un sitio más apropiado para lograr un mayor asoleamiento que se compatibilizara con un adecuado acceso y vistas del entorno, y dimensión del lote. También hubo que ajustar el volumen para otorgarle una mayor

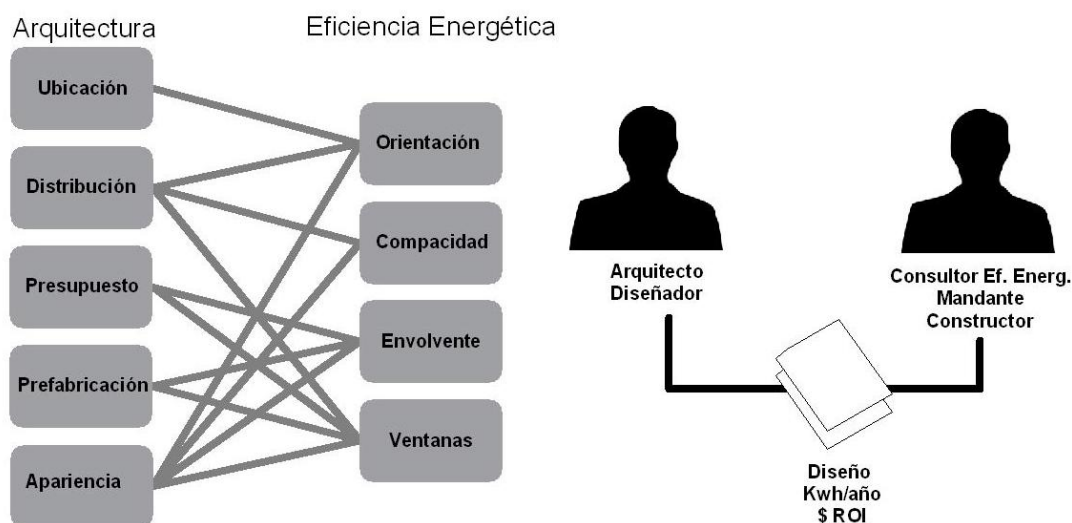


Figura 9: Conflictos de diseño y participantes involucrados (elaboración propia)
Figure 9: Design Conflicts and participants involved. (own elaboration)

compacidad (menor perímetro para reducir superficie de envolvente y por ende las pérdidas térmicas), implicando también modificar su apariencia exterior, la dimensión y distribución de espacios. Del mismo modo la disposición de recintos húmedos, instalaciones de climatización y ductos obligó a ajustar la organización interior adecuando su capacidad y relación funcional. Las definiciones de envolvente, necesarias para mejorar transmitancia, ventilación y sellos hídricos, debieron compatibilizarse con el tratamiento expresivo, los costos globales y posibilidades de prefabricación. En particular la definición de ventanas implicó revisiones presupuestarias y de desempeño energético, como también ajustar dimensiones y terminaciones en el diseño.

Estas definiciones conflictivas se efectuaron en ambas experiencias, en reuniones entre el arquitecto-diseñador y el profesional encargado de la evaluación energética, pero también participaron representantes del mandante y de la construcción (Fig. 8). A través de discusiones presenciales consecutivas (distintas reuniones en que se acordaban revisiones específicas de estos aspectos entre una cita y otra), utilizando durante los encuentros esquemas de plantas y cortes que se trazaban con nuevas posibilidades. En las reuniones se informaban resultados totales de simulaciones energéticas y estimaciones presupuestarias de costos de construcción (Fig. 9). También ha sido importante en ambos procesos la transferencia de documentos entre los participantes (planos, cálculos y folletos de productos) entre cada una de las citas y

profesionales involucrados. Las decisiones críticas se adoptaron conjuntamente, en base a las posibilidades discutidas y resultados revisados, para compatibilizar condiciones adecuadas de diseño arquitectónico con las metas de eficiencia energética, lo que demuestra la aplicación de algunas condiciones de diseño integrado.

5. Conclusiones y Sugerencias

El proceso de diseño integrado es una estrategia de trabajo planteada para promover el desarrollo de una arquitectura más sustentable, que ha demostrado su aplicación en diversos edificios públicos de los países desarrollados. Este artículo presenta la revisión de sus posibilidades para mejorar la eficiencia energética de las viviendas en el Sur de Chile, que requieren especialmente reducir sus consumos de calefacción. Se analizan sus características relevantes en relación a la normativa vigente, la práctica regular y algunas prácticas avanzadas en la zona. Revelando diferencias sustanciales en los procesos tradicionales de diseño de vivienda con respecto a las condiciones sugeridas de diseño integrado. Las iniciativas avanzadas expresan una mayor convergencia con esta estrategia, probablemente por la formación especializada de los profesionales involucrados, proponiendo logros específicos de eficiencia energética en proyectos adecuados de vivienda. Estas acciones demuestran la potencialidad del proceso de diseño integrado para mejorar el desempeño energético de los proyectos de vivienda en la zona, al verificar la aplicación de

algunas condiciones que contribuyen a elaborar diseños con reducciones relevantes de consumo energéticos. Se detectan en estos casos algunas características significativas para estos logros, como es la participación en el proyecto de un especialista en eficiencia energética, del mandante y constructor, junto con el arquitecto en decisiones relevantes de diseño; así como la disponibilidad colectiva de documentación. Contando con antecedentes gráficos básicos del proyecto, así como tabulaciones de consumo y estimaciones de costos globales. Se reconoce la revisión consecutiva y colectiva de decisiones de diseño, principalmente sobre la localización, distribución, orientación, volumen, envolvente, vanos, presupuesto, prefabricación y apariencia del proyecto, para lograr un consumo energético inferior a un cuarto de una construcción equivalente en la zona, preservando una buena configuración arquitectónica de la vivienda.

Para generalizar esta estrategia de diseño integrado se requiere consolidar un proceso apropiado a las condiciones locales y divulgarlo en el ámbito profesional y social, con el fin de transferir sus beneficios y requerimientos. Probablemente se deba establecer algunas regulaciones o procedimientos instrumentales que lo faciliten, así como demostraciones fehacientes de sus logros. Podría ser particularmente efectivo verificar y difundir algunos procesos y resultados, entregando ejemplos cuantificables y verificados. Revisando los ajustes morfológicos y constructivos que se requieren en el diseño para alcanzar un mejor desempeño energético. Como también vincular estas experiencias con otros contextos o tipologías de edificación, y desarrollar algunos medios efectivos de trabajo a distancia e integración del diseño y evaluaciones energéticas y económicas, con el fin de facilitar el proceso de proyecto.

La estrategia de diseño integrado puede ser levemente más costosa y extensa en el tiempo, especialmente para viviendas individuales, incluyendo la formación especializada de algunos profesionales y recursos operativos necesarios, lo mismo que la adopción de mejoramientos de diseño y construcción, por lo que se deben evidenciar y transferir estos requerimientos adicionales. Es importante también cautelar el equilibrio de intereses y organización del equipo para alcanzar integradamente las metas ambientales y arquitectónicas. Probablemente se vayan decantando algunas consideraciones y recursos que progresivamente aligeren el proceso necesario, en particular concentrando los ajustes

de diseño y potenciando sus resultados. Las demandas energéticas obligan a integrar nuevos aspectos en el diseño arquitectónico, que implican una reformulación de sus actividades y condiciones, como la adopción de estrategias de diseño integrado. Pero estos procesos están demostrando posibilidades significativas para mejorar la calidad ambiental integral de las viviendas.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte del proyecto Conicyt MEL 81100032, y se agradece la colaboración de los arqtos. Gerth Wandersleben, Muriel Diaz, Laline Cenci y Paulina Wegertseeder, así como de PvE, Pablo Sills, Alejandra Bancalari, Roberto Burdiles, Francisco Schiappacase, Archiplan, Inmobiliaria Aconcagua y FONDEF D0911081.

Referencia bibliográfica

7 GROUP; B. REED. *The Integrative Design Guide to Green Building: Redefining the Practice of Sustainability*. New York, John Wiley & Sons, 2009, 398 pgs, ISBN: 978-0-470-18110-2.

BUSTAMANTE, W. *Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social*. Santiago de Chile: MINVU División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional (MINVU) y Programa País de Eficiencia Energética (CNE), 2009, p. 203.

COMISION EUROPEA. *Un Vitrubio ecológico: Principios y prácticas del proyecto arquitectónico*. Barcelona: Gustavo Gili, 2007. ISBN: 978-84-252-2155-2.

FIGUEIREIDO, F; SILVA, V. *Processo de Projeto Integrado: recomendações para empreendimentos com metas rigorosas de desempenho ambiental*. 01/2010, PARC : Pesquisa em Arquitetura e Construção, Vol. 3, pp.1-15, Campinas, SP, Brasil, 2010 ISSN: 1980-6809.

KWOK, A; GRONDZIK, W. *The Green Studio Handbook: Environmental Strategies for Schematic Design*. 2° Edición. Elsevier, 2011. ISBN: 978-0-08-089052.

LÖHNERT, G; DALKOWSKI, A; SUTTER, W. *Integrated Design Process: a guideline for sustainable and solar-optimized building design*. Berlín: IEA International Energy Agency, 2003.

MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO. Plan de Reconstrucción. [En línea] [Citado el: 10 de julio de 2011.] Disponible en Web <http://minvu.cl/opensite_20101001180448.aspx>

MOE, K. *Integrated Design in contemporary Architecture*. New York: Princeton Architectural Press, 2008. ISBN 9781568987453.

ROZAS, Y; BARDI, C. *Eficiencia Energética en Vivienda*. Santiago: Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2010.

CANADA MORTGAGE AND HOUSING CORPORATION (CMHC). *The Northern Sustainable House: An Innovative Design Process*. 1 v. Ottawa: Research report (Canada Mortgage and Housing Corporation), 2007.

TREBILCOCK, M. Proceso de Diseño Integrado:

nuevos paradigmas en arquitectura sustentable. *Arquitectura Revista*, Vol. 5, N. 2, 2009. ISSN 1808-5741.

YUDELSON, J.. *Green Building through integrated design*. New York : McGraw-Hill, 2009. ISBN: 978-0-07-154601-0.

ZIMMERMAN, A. *Integrated Design Process Guide*. s.1.: Calgary, Canada: Mortgage and Housing Corporation, 2004, p.18.

Recibido 24|11|2011
Aceptado 09|12|2011



Método de Avaliação de Desempenho para Janelas em Residências Multifamiliares em Vitória-ES: Ênfase no Conforto Proporcionado pela Ventilação

Method of Performance Assessment of Windows in Multifamily Dwellings in Vitória-ES: Emphasis on Comfort Provided by Ventilation

Edna Aparecida Nico-Rodrigues ^(a); Cristina Engel de Alvarez ^(b)

^(a) Laboratório de Planejamento e Projetos – Centro de Artes – Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil – email: ednanr@terra.com.br

^(b) Laboratório de Planejamento e Projetos – Centro de Artes – Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil – email: cristinaengel@pq.cnpq.br

RESUMO

Palavras chave:
Metodologia
Janela
Avaliação de desempenho
Satisfação do usuário

As janelas, como outros componentes do invólucro da edificação tiveram suas tipologias modificadas e novos conceitos foram estabelecidos, devido ao surgimento de tecnologias e de novos materiais. Objetiva-se o desenvolvimento de uma metodologia para a avaliação de eficiência das janelas, passível de realizar sem o uso de simuladores e elaborada a partir do nível de satisfação do usuário relacionado ao conforto térmico considerando a ventilação como o elemento de análise. A metodologia propõe uma sistematização comparativa dos dados: 1) tipologias de janelas de residências multifamiliares em Vitória; 2) tipologias com recomendações das diretrizes bioclimáticas para janelas eficientes. Selecionaram-se algumas edificações considerando as características ambientais e elaborou-se um questionário aplicado aos usuários, direcionando para os aspectos relacionados ao conforto térmico proporcionado pela ventilação natural através das janelas de suas residências. Associado a estes, fichamentos técnicos que registraram as características funcionais das tipologias por análise e avaliação dos índices atribuídos no Código de Obras e Edificações de Vitória. A representação dos dados dos questionários foi efetuada por tabelas policromáticas que demonstraram os aspectos da satisfação do usuário. O resultado demonstrou a viabilidade para avaliação de janelas, para outros elementos arquitetônicos e as dificuldades com os usuários no processo de qualificação.

ABSTRACT

Keywords:
Methodology

The windows, like other components of the building envelope, had their types changed and new concepts have been established due to the

Window
Performance evaluation
User satisfaction

emergence of new technologies and materials. This research work aims to develop a methodology for evaluating the efficiency of the windows, which can be accomplished without the use of simulation, but drawn from the assessment of the user satisfaction related to thermal comfort considering ventilation as the key variable of analysis. The methodology proposes a systematic comparative data considering: 1) types of windows in multi-family homes in Vitória, 2) types of bioclimatic efficient windows suggested by published guidelines. Some buildings were selected considering the environmental characteristics and a questionnaire was given to users, pointing out at aspects related to thermal comfort provided by natural ventilation through the windows of their homes. In addition, technical reviews recorded the functional characteristics of the types of windows according to the standards assigned by the Code of Works and Buildings of Vitória. The representation of data from the questionnaires was done by polychromatic tables that show aspects of user satisfaction. The result demonstrated the feasibility of the evaluation of windows, architectural elements and other difficulties with the users in the qualification process.

1. Introdução

A determinação de uma metodologia para avaliar o comportamento de elementos construtivos nas edificações direcionou a pesquisa para a busca de processos que instrumentassem a comprovação dos resultados focando, especificamente, a satisfação do usuário em relação ao conforto térmico proporcionado pela ventilação natural obtida através de tipologias de janelas disponíveis no mercado, no âmbito da cidade de Vitória (ES). Para Alvarez (2003, p. 44), “[...] em arquitetura, a comprovação dos resultados ocorre efetivamente pelo uso e, eventualmente, por métodos específicos de aferição, como na Metodologia de Avaliação Pós-Ocupação, por exemplo (Ornstein e Romero, 1992). Também deve ser considerado que ocorre, com maior frequência do que o desejável, a adaptação do usuário ao edifício, dificultando a efetiva avaliação dos resultados”, quando considera-se uma pequena adaptação gradual do indivíduo às condições ambientais no qual está inserido.

Considerando o que afirmam Lamberts, Dutra e Pereira (2004) segundo o qual conforto é um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa, qualquer metodologia de avaliação nessa área específica deve, sempre que possível, envolver o usuário e suas formas de percepção. Na tentativa de atingir o conforto térmico no interior dos ambientes, há um fator importante, que consiste na associação de variáveis físicas, fisiológicas e

externas, que definem as condições para a habitabilidade do ser humano. Dentre as variáveis primordiais para o conforto térmico do ser humano, a ventilação natural possui uma parte significativa, quando se trata de menor consumo de energia nos edifícios, em clima tropical. A utilização da ventilação natural para amenizar o desconforto térmico é resultado da adoção de elementos construtivos adequados, tecnologias apropriadas e o aproveitamento dos condicionantes climáticos e topográficos de cada região na concepção das edificações, o que ressalta a importância da ventilação natural como método eficiente de abrandamento da condição de calor.

Para Corbella e Yannas (2003), Mermet (2005) e Bittencourt e Cândido (2006) algumas estratégias são fundamentais na fase de projeto visando alcançar o conforto térmico no interior das edificações, através do planejamento da ventilação: identificar a direção e intensidade dos ventos noturnos e sua frequência no período quente; determinar as intervenções urbanas do entorno que influenciarão na intensidade e direção do vento; avaliar a dimensão e a forma das construções, beirais e inclinações das coberturas que irão interferir na trajetória do ar; determinar a existência de grandes aberturas de entrada e de saída, acentuando o movimento do ar; definir e localizar a tipologia adequada das aberturas de entrada de ar; observar a existência de vegetação no entorno; observar a existência de elementos arquitetônicos nas proximidades

das aberturas; e definir a distribuição interna do edifício de acordo com a provável trajetória do ar em movimento.

A tipologia adequada de janela para permitir o controle de vazão e da direção do fluxo do ar determinando os parâmetros para o bom desempenho, com relação à ventilação, pode ser definida pelas características: o dimensionamento das entradas e saídas (ventilação cruzada) considerando o efeito por chaminé; o posicionamento das janelas em relação aos ventos dominantes; e o tipo de janela, que inclui aspectos como a área útil para a passagem de ar, a possibilidade de controle da passagem e o direcionamento do fluxo do ar, e a possibilidade de separação dos fluxos de ar quente e frio (Akutsu, Vittorino, 1995).

Esta pesquisa avalia a janela enquanto um dos elementos fundamentais do processo construtivo que determinam o conforto térmico nas edificações, principalmente através da sensação térmica experimentada pelos usuários. Ressalta-se, que os inúmeros modelos tipológicos oferecidos pelo mercado e as inovações tecnológicas voltadas para a construção civil, configuram a janela como um dos elementos que definem o espaço arquitetônico e as interferências térmicas do ambiente.

Destaca-se que a região onde está localizada a cidade de Vitória é beneficiada por ventos predominantes para o quadrante nordeste (NE) em grande parte do ano, com temperaturas médias variando entre 14°C e 33°C e umidades relativas superiores a 50%. Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2004) a região possui um percentual de desconforto na ordem de 82,1% de horas do ano, sendo que 64% referem-se ao calor e 18% referem-se ao frio, recomendando para o alcance do conforto térmico, o aproveitamento da ventilação natural que atenua o desconforto em até 61% das horas do ano, considerando as interseções entre estratégias.

2. Objetivo

Tendo por objeto de análise a avaliação de eficiência de tipologias de janelas disponíveis no mercado de Vitória (ES), o objetivo da pesquisa foi desenvolver um processo de avaliação, considerando a sensação do usuário e seu equivalente nível de satisfação, passível de ser realizada sem o uso de simuladores ou medições *in loco*. Ressalta-se que o efetivo resultado de avaliação e determinação da eficiência de

tipologias de janelas é definido mais precisamente quando associados a simulações de fluxos de ar.

3. Metodologia

O método adotou por princípio básico de avaliação, quantificar a satisfação do usuário através de questões qualitativas com fatores mensuráveis intangíveis em relação ao conforto térmico, utilizando um modelo de pesquisa voltado para a observação dos fatos e de dados coletados através de questionários e fichamentos técnicos, considerando, nesta etapa de trabalho, apenas as sensações do usuário em relação ao conforto térmico proporcionado pela ventilação natural oriunda da tipologia de janela da residência. Para o desenvolvimento do processo definiu-se trabalhar com resultados comparativos, e dessa forma, foram escolhidas 02 edificações habitacionais multifamiliares com similaridades nas seguintes características: localização em relação à orientação geográfica; relevo; entorno (vegetação, largura de logradouro público, edificações ao redor); a cor e a altura. A proposta de pesquisar apenas um edifício para cada tipologia teve como objetivo viabilizar os resultados, visto que desta forma, o universo amostral tornou-se adequado aos objetivos da pesquisa. Considerou-se também, a dificuldade em localizar edifícios com as mesmas condições de contorno, principalmente pelas características ambientais de Vitória, que induzem a uma quantidade incontrolável das variáveis de interferência. Destaca-se que o limite geográfico para a escolha das unidades avaliada foi o município de Vitória (ES).

A proposta metodológica para avaliação foi conduzida em três etapas. Na primeira, foi efetuada a escolha das tipologias de janelas mais utilizadas nas edificações habitacionais multifamiliares, através de uma pesquisa de observação. Esta pesquisa foi efetuada percorrendo 10 bairros, num total de 79 bairros existentes na cidade de Vitória. Foram escolhidos bairros com grande adensamento populacional e crescimento construtivo para edificações multifamiliares. Considerou-se também, edificações com até 20 anos construídas. A pesquisa foi baseada na observação dos modelos de janelas encontrados nas edificações, ressaltando as seguintes características: tipo de abertura, tipologia e material. Foram observadas aproximadamente 60 edificações, tendo em média 6 pavimentos e com 04 apartamentos por andar. A pesquisa registrou um total de 450 janelas, que resultou nas conclusões: as janelas

em alumínio de caixilho de correr com folhas em vidro é a tipologia mais utilizada nas edificações multifamiliares. Também são encontrados modelos de janelas de caixilho de correr, com caixilho na parte superior, no sistema de abertura do tipo maxim-ar. MODELO A (Fig. 1), um tipo de janela mais comumente utilizado e sem elemento vazante do tipo veneziana; e a segunda, como tipologia comparativa, uma janela com componentes baseados nas diretrizes bioclimáticas para o conforto térmico, definida pelos autores Givoni (1976), Bowen (1981) e Ernest *et al.* (1991 e 1992) *apud* Bittencourt e Cândido (2006) e a NBR 15220-3, (2005), também encontrada, com menor frequência, em habitações multifamiliares, sendo esta denominada MODELO B (Fig. 2). As principais características dos modelos são: o MODELO A - composta por um caixilho com sistema de correr de duas folhas em alumínio natural e vidro incolor; e o MODELO B - composta por um caixilho com sistema de correr de três folhas em alumínio anodizado preto, sendo uma folha com vidro fumê (voltada para a parte interna da edificação), outra com elemento vazante do tipo veneziana (permite a passagem do vento), localizada no trilho do meio da janela e a terceira com perfis iguais ao do caixilho veneziana, porém estanques (sem abertura para a passagem do vento), localizada para a parte externa da edificação.

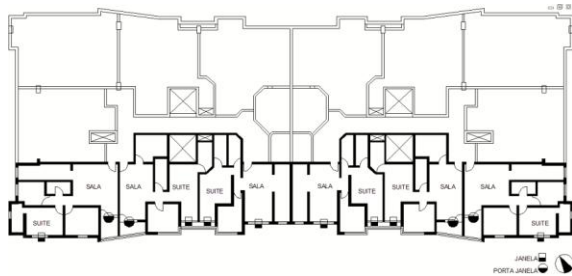


Figura 1: Planta baixa esquemática do Edifício 01. (elaboração própria)

Figure 1: Building 01 schematic ground floor. (own elaboration)



Figura 2: Planta baixa esquemática do Edifício 02. (elaboração própria)

Figure 2: Building 01 schematic ground floor. (own elaboration)



Figura 3: À esquerda, MODELO A de janela. À direita, MODELO B de janela. (elaboração própria)

Figure 3: Left, window MODEL A. Right, window MODEL B. (own elaboration)

Objetivando obter dados mais significativos para a pesquisa, optou-se por analisar as janelas localizadas nos ambientes identificados pelo Código de Obras e Edificações da Prefeitura Municipal de Vitória (1998) como locais de longa permanência e, conseqüentemente, locais onde o conforto térmico deve ser o mais eficiente possível, como nos ambientes salas de estar/jantar e quarto de casal.

Na segunda etapa, referente à pesquisa de campo foi elaborado dois instrumentos para a obtenção dos dados: os questionários e os fichamentos técnicos. Para o questionário, constituído de perguntas diretas e indiretas, foi realizado um pré-teste objetivando avaliar o grau de confiabilidade e adequabilidade (Lakatos e Marconi, 1991). Objetivando ampliar a eficácia e validade dos questionários, o mesmo foi reestruturado levando-se em consideração os tipos, a ordem, os grupos de perguntas e a formulação das mesmas, alterando-se o foco de algumas questões, desenvolvendo categorias de objetivos e acrescentando novos questionamentos que possibilitaram resultados mais eficientes.

O formulário técnico foi elaborado para nortear a avaliação realizada pelo pesquisador em sua visita ao local e obter dados dos mesmos ambientes das edificações em que os usuários responderam aos questionários, objetivando principalmente proceder a uma avaliação técnica do elemento janela em relação aos seguintes aspectos: tipológicos, de suporte, de estanqueidade (chuva, sons e poluição), e de utilização em relação à legislação vigente. Destaca-se que a metodologia adotada para a elaboração do questionário foi através da elaboração preliminar dos aspectos que seriam importantes para a avaliação final, ou seja, partiu-se das respostas (informações) necessárias para a elaboração das perguntas adequadas. O fichamento técnico, realizado através da

observação *in loco*, funcionou como suporte para a avaliação e entendimento das questões abordadas junto aos usuários, bem como para a averiguação dos itens relacionados à legislação municipal e às diretrizes bioclimáticas oriundas do desempenho dos componentes (Givoni, 1976, Bowen, 1981 e Ernest *et al.* 1991 e 1992 *apud* Bittencourt e Cândido, 2006 e a NBR 15220-3, 2005), visto que não há uma norma brasileira específica sobre o desempenho térmico da edificação relacionada ao elemento janela.

Na terceira etapa, para a sistematização das informações coletadas, foi elaborado um método representativo para as respostas obtidas no questionário, através da adoção de cores, valores e símbolos geométricos para os aspectos qualitativos da pesquisa (LPP-UFES, 2006) com o objetivo de proporcionar leitura rápida e conclusiva sobre o desempenho do elemento analisado. Para a análise e representação dos resultados obtidos nos fichamentos técnicos, foram elaboradas tabelas com os índices comparativos.

A interpretação dos resultados referentes aos aspectos avaliados nos questionários foram realizadas em 4 etapas, conforme a seguir detalhado:

I - Para a representação dos aspectos qualitativos foram adotados cores para cada conceito, de acordo com sua representatividade, ou seja, os tons azuis e verdes, pela sensação emitida de aprovação (cores frias); e amarelo e vermelho pela sensação emitida de perigo ou desconforto (cores quentes). Optou-se por respostas diretas e os conceitos qualitativos expressos através de valores, variando de 4 (quatro) para a melhor condição, até 1 (um) para a pior condição (Tabela 1);

Tabela 1: Conceitos de avaliação correlacionados ao aspecto de conforto térmico. (Adaptado de LPP-UFES, 2006)
Table1: Evaluation concepts related to the aspect of thermal comfort. (Adapted from LPP-UFES, 2006)

| CORES | CONDIÇÃO | VALORES |
|-------|-----------|---------|
| ● | EXCELENTE | 4 |
| ● | BOA | 3 |
| ● | RUIM | 2 |
| ● | PÉSSIMA | 1 |

II - Foram definidos símbolos, pesos e dimensões sistematizando qualitativamente os conceitos da avaliação. Os conceitos tiveram pesos variando de 2 (dois) para os critérios mais relevantes na determinação dos objetivos propostos pela pesquisa e relacionados com o objeto de estudo, até ½(meio) para o de menor relevância em relação aos objetivos da pesquisa (LPP-UFES, 2006), conforme demonstrado na Tabela 2.

Não foram adotados valores nulos ou de abstenção, pois os elementos a serem analisados fazem parte da estrutura do objeto de estudo, não sendo possível o funcionamento das janelas sem seus componentes. O resultado visual dos dados definiu uma tabela policromática que hierarquizou as questões através dos pontos de maior importância para a pesquisa objetivando demonstrar, com maior clareza, as deficiências e as potencialidades observadas durante o processo da pesquisa de campo.

III - Foram definidos para cada questão os pesos considerando o grau de importância de cada pergunta. Algumas questões abordadas junto aos usuários não tiveram atribuição de pesos, pois as mesmas tiveram relevância somente para a interpretação das sensações dos usuários, como por exemplo, a idade e o sexo do respondente, cuja sensibilidade pode ser bastante diferenciada em relação a essas variáveis. Os pesos adotados para cada critério de análise encontram-se detalhados na Tabela 3.

IV - Foram adotados procedimentos estatísticos objetivando obter valores numéricos finais para a classificação dos apartamentos, em relação a relevância e as condições para melhor visualização dos resultados, não sendo dispensado, as avaliações dos questionários. Os dados provenientes da tabela policromática (qualitativos) foram convertidos em valores (quantitativos) utilizando-se a média aritmética ponderada para a obtenção dos resultados referentes às colunas, que multiplicado pelo peso dado ao critério, definiram o resultado parcial. O resultado final foi obtido através da média aritmética simples dos resultados dos apartamentos. Os intervalos numéricos para os resultados estão representados na Figura 2.

Os fichamentos técnicos tiveram como objetivo identificar as condições de projeto e do objeto (janela) executado, adotando como parâmetro de avaliação a norma NBR 15220, 2005); o Código de Obras e Edificações da Prefeitura Municipal de Vitória (1998); e as

diretrizes apresentadas pelo Modelo de Elaboração de Códigos de Obras e Edificações (1997). Também, foram avaliados os aspectos relativos às diretrizes bioclimáticas definidas pelos seguintes autores e pela norma brasileira: autores Givoni (1976), Bowen (1981) e Ernest *et al.* (1991 e 1992) *apud* Bittencourt e Cândido (2006), para as seguintes variáveis: tipológicas, de suporte, de estanqueidade e uma tabela com a descrição das características físicas tais como: dimensões, área da janela, tipologia, percentuais em relação à

área de piso e de parede e as taxas normativas referentes à edificação e as janelas.

Adicionalmente, as avaliações técnicas possibilitaram a resolução de dados (respostas) conflitantes dos usuários.

A pesquisa foi realizada em duas edificações habitacionais multifamiliares representando as duas tipologias de janelas selecionadas. Foram selecionados nove apartamentos para o MODELO A e também nove para o MODELO B.

Tabela 2: Pesos e dimensões para os conceitos. (Adaptado de LPP-UFES, 2006)
Table 2: Weights and dimensions to the concepts. (Adapted from LPP-UFES, 2006)




| PESOS | DIMENSÕES | RELEVÂNCIA |
|-------|---|--|
| [2] |  | Questões relevantes e relacionadas diretamente ao objeto de estudo |
| [1] |  | Questões que não interferem diretamente, mas que possuem aspectos relevantes ao entendimento do todo |
| [1/2] |  | Questões que apresentam relevância pequena e que auxiliam nas conclusões finais |

Tabela 3: Pesos adotados para cada questão do questionário dos usuários. (elaboração própria)
Table 3: Weights adopted for each question in the questionnaire for users. (own elaboration)

| CRITÉRIOS | DIRETRIZES | PESOS | |
|------------------------------|--|--|-------|
| Ventilação Natural [2] | Condições térmicas do ambiente quando as janelas estão fechadas | [1] | |
| | Conforto térmico do ambiente no período de inverno | [1/2] | |
| | Uso do ventilador para os dois ambientes | [1] | |
| | Apartamento ventilado | [2] | |
| | Conforto térmico do ambiente no período do verão | [2] | |
| Estratégia construtiva [1/2] | Segurança da janela com o uso de elementos vazantes para os dois ambientes | [1/2] | |
| | Distribuição interna da edificação definindo as dimensões dos ambientes | [1/2] | |
| Tipologia [2] | Elementos vazantes | Existência de elementos vazantes e com regulagem | [2] |
| | Dimensionamento | Sistema de abertura determinando a área de ventilação para os dois ambientes | [2] |
| Função da janela [1] | Estanqueidade | Ruídos e assovios com a ação de ventania para os dois ambientes | [1] |
| | | Ação de chuvas de vento para os dois ambientes | [1] |
| | | Penetração de pó para os dois ambientes | [1] |
| | Composição estética | Ruídos externos ao ambiente para os dois ambientes | [1] |
| | | Estética do edifício com as tipologias de janelas | [1/2] |
| Contato visual | Contato visual relacionado à dimensão da janela para os dois ambientes | [1/2] | |

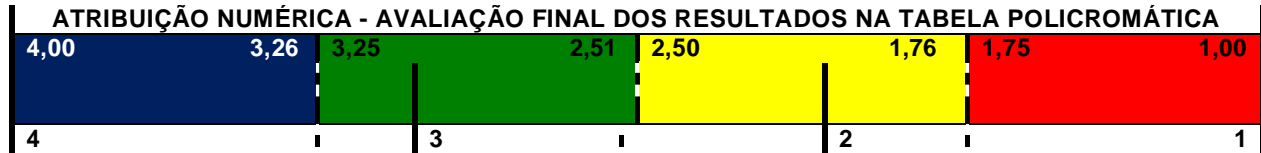


Figura 4: Intervalos referenciais para a verificação dos resultados na tabela policromática. (elaboração própria)
Figure 4: Reference intervals for checking the results in the polychromatic table. (own elaboration)

4. Análise de resultados

Os dados coletados através da pesquisa de campo foram analisados através de duas etapas:

I - Análise técnica do fichamento técnico com a descrição das características físicas e normativas referentes à edificação e as janelas em relação aos índices definidos no Código de Obras e Edificações da Prefeitura Municipal de Vitória (1998) para as tipologias selecionadas, cuja síntese dos resultados encontra-se na Tabela 4.

II. Na forma de representação através da tabela policromática das respostas dos usuários (tabelas 5 e 6) objetivando a identificação imediata dos resultados obtidos através de elementos de fácil compreensão.

Os resultados apresentados nas tabelas policromáticas revelaram os itens de maior e de menor satisfação, bem como os itens de insatisfação total comprovados pelos questionários aplicados aos usuários e evidenciados no fichamento técnico.

O método demonstrou que a utilização de questionários como instrumento de coleta de dados foi determinante na caracterização dos índices qualitativos. O processo de definição das questões demonstrou a falta de conhecimento do usuário em relação às aberturas (janelas) e, principalmente, a sua relação de importância para a obtenção de conforto térmico nos ambientes. A reestruturação das perguntas, sistematizando-as em categorias, potencializou as conclusões sobre a sensação térmica de cada indivíduo, observando-se que as questões foram estruturadas iniciando com a caracterização do usuário, depois do ambiente de forma geral e, por último, do elemento janela. Os itens do questionário caracterizados como de contexto geral foram descritos e tiveram seus dados adicionados à interpretação geral da edificação. Alguns obstáculos foram observados no decorrer da pesquisa de campo conforme a seguir detalhados:

1. Constatou-se que nos dois edifícios os moradores permanecem pouco tempo em suas residências, tornando as respostas referentes à somente períodos parciais de uso dos ambientes;

2. Foi observado que mesmo havendo um contato prévio com os moradores, através de seus síndicos, o acesso aos mesmos foi ocasionalmente dificultado por vários motivos, tais como: a falta de tempo para responder ao questionário – ressaltando que o tempo necessário para a tarefa era em média de 30 minutos por respondente –; a desconfiança sobre o pesquisador em relação aos objetivos da pesquisa; e a questão da segurança e da invasão de privacidade;

3. Muitos usuários questionados não permitiram o acesso aos apartamentos para o fichamento técnico e as entrevistas foram efetuadas na portaria do edifício, no único horário disponibilizado por ele;

4. Com um alto percentual de moradores na forma de inquilinos constatou-se que a cidade de origem era um fator significativo na sensação térmica do usuário do ambiente; e

5. A análise das questões abordadas nos questionários não pode ser considerada conclusiva - embora gere indicativos importantes - especialmente em relação ao conforto térmico, verificando-se a necessidade de população amostral mais significativa.

A definição dos fichamentos técnicos focou questões que foram obtidas através da observação e análise dos elementos que configuravam itens de influência no desempenho das janelas. As questões normativas pertinentes ao Código de Obras e Edificações da Prefeitura de Vitória (1998), as diretrizes bioclimáticas mencionadas nas normas e no Modelo de Elaboração de Código de Obras e Edificações (1997) foram avaliadas e confrontadas com as respostas dos usuários.

Tabela 4: características técnicas das edificações e das tipologias de janelas em relação à legislação municipal (Código de Obras e Edificações Código de Obras e Edificações da Prefeitura Municipal de Vitória, 1998).**Table 4:** technical characteristics of buildings and types of windows in relation to Municipal regulations. (Código de Obras e Edificações Código de Obras e Edificações da Prefeitura Municipal de Vitória, 1998).

| AMBIENTES | CARACTERÍSTICAS | DIMENSÕES LXA (m) | ÁREA DE PISO | ÁREA DE JANELA | % ÁREA DE ABERTURA / ÁREA DO PISO | % ÁREA DE ABERTURA / ÁREA DA PAREDE | CÓDIGO DE OBRAS E EDIFICAÇÕES | | | |
|-------------|--|--|----------------------|---|---|---|----------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | | | | | | COEFIC. ABERT. | ÁREA P/ ILUM. | ÁREA P/ VENT. | |
| EDIFÍCIO 01 | Janela (coluna 01) | 1,50 x 1,40 | 13,55 m ² | 2,10 m ² Ilum.= 2,10 m ² vent.= 1,05 m ² | 15% | 31% | 1/8 | 1,69 m ² | 0,84 m ² | |
| | SALA | Porta-janela (coluna 02) | 1,50 x 2,10 | 13,98 m ² | 3,15 m ² Ilum.= 3,15 m ² vent.= 1,57 m ² | 22,5% | 50% | 1/8 | 1,74 m ² | 0,87 m ² |
| | Porta-janela (coluna 03) | 1,50 x 2,10 | 17,16 m ² | 3,15 m ² Ilum.= 3,15 m ² vent.= 1,57 m ² | 18% | 74% | 1/8 | 2,14 m ² | 1,07 m ² | |
| | QUARTO CASAL | Janela (coluna 01) | 1,20 x 1,40 | 11,63 m ² | 1,68 m ² Ilum.= 1,68 m ² vent.= 0,84 m ² | 14,4% | 40% | 1/8 | 1,48 m ² | 0,74 m ² |
| | Janela (coluna 02) | 1,20 x 1,40 | 11,87 m ² | 1,68 m ² Ilum.= 1,68 m ² vent.= 0,84 m ² | 14,2% | 40% | 1/8 | 1,48 m ² | 0,74 m ² | |
| | Janela (coluna 03) | 1,20 x 1,40 | 9,26 m ² | 1,68 m ² Ilum.= 1,68 m ² vent.= 0,84 m ² | 18,2% | 56% | 1/8 | 1,15 m ² | 0,57 m ² | |
| EDIFÍCIO 02 | SALA | Porta-janela sem veneziana (coluna 1) | 2,20 x 2,15 | 29,91 m ² | 4,73 m ² Ilum.= 4,73 m ² vent.= 2,36 m ² | 15,8% | 62% | 1/8 | 3,73 m ² | 1,86 m ² |
| | Porta-janela sem veneziana (coluna 2) | 2,20 x 2,15 | 29,09 m ² | 4,73 m ² Ilum.= 4,73 m ² vent.= 2,36 m ² | 16,3% | 61% | 1/8 | 3,63 m ² | 1,86 m ² | |
| | Porta-janela sem veneziana (coluna 3) | 2,20 x 2,15 | 25,90 m ² | 4,73 m ² Ilum.= 4,73 m ² vent.= 2,36 m ² | 18,3% | 68,4% | 1/8 | 3,23 m ² | 1,86 m ² | |
| | QUARTO CASAL | Janela com veneziana (coluna 1 e 3) | 2,10 x 1,30 | 17,00 m ² | 2,73 m ² Ilum.= 2,73 m ² vent.= 1,36 m ² | 16,1% | 24% | 1/8 | 2,12 m ² | 1,06 m ² |
| | Janela com veneziana (coluna 2) | 2,10 x 1,30 | 15,90 m ² | 2,73 m ² Ilum.= 2,73 m ² vent.= 1,36 m ² | 17,2% | 25% | 1/8 | 1,98 m ² | 0,99 m ² | |

Tabela 5: Resultado da pesquisa no edifício 01 (elaboração própria)
Table 5: Building 01 results (own elaboration)

| CRITÉRIOS/DIRETRIZES | | PESO102B302B401A303B401B303A101A202A301B | | | | | | | | | | |
|--|--|--|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Ventilação Natural [2] | Condições do ambiente quando as janelas estão fechadas | [1] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | Conforto térmico no período de inverno | [1/2] | ● | ● | ● | ● | ● | --- | ● | ● | ● | |
| | Uso do Ventilador - SALA | [1] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | Uso do Ventilador - QUARTO | [1] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | Apartamento ventilado | [2] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | Conforto térmico no período do verão | [2] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | Segurança com o uso de elementos vazantes - SALA | [1/2] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | Segurança com o uso de elementos vazantes - QUARTO | [1/2] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | MÉDIA PONDERADA DIRETRIZES X PESO DO CRITÉRIO | | | 4,35 | 4,70 | 2,11 | 4,00 | 2,70 | 3,00 | 5,29 | 5,41 | 5,76 |
| | Estratégias Constr. [1/2] | Distribuição interna determinando as dimensões dos ambientes | [1/2] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| MÉDIA PONDERADA DIRETRIZES X PESO DO CRITÉRIO | | | 0,25 | 1,00 | 1,00 | 0,25 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | |
| Tipologia [2] | Elem. vazantes | [2] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | Dimensionamento | [2] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | Dimensionamento | [2] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | MÉDIA PONDERADA DIRETRIZES X PESO DO CRITÉRIO | | 6,00 | 6,00 | 4,66 | 6,00 | 6,00 | 4,66 | 6,00 | 6,00 | 6,00 | |
| Função [1] | Estanqueidade | [1] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | Ruídos e assovios ação de ventania - SALA | [1] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | Ruídos e assovios ação de ventania - QUARTO | [1] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | Ação de chuvas de vento - SALA | [1] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | Ação de chuvas de vento - QUARTO | [1] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | Penetração de p  - SALA | [1] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | Penetração de p  - QUARTO | [1] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | Ruídos externos ao ambiente - SALA | [1] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | Ruídos externos ao ambiente - QUARTO | [1] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | Comp. est tica | Est tica do edifício com as tipologias de janelas | [1/2] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| Contato visual | Contato visual relacionado à dimensão – SALA | [1/2] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | |
| | Contato visual relacionado à dimensão – QUARTO | [1/2] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | |
| | MÉDIA PONDERADA DIRETRIZES X PESO DO CRITÉRIO | | 2,52 | 2,63 | 3,36 | 3,15 | 2,42 | 3,78 | 2,68 | 2,78 | 2,57 | |
| Média dos apartamentos | | | 2,38 | 2,61 | 2,02 | 2,43 | 2,42 | 2,26 | 2,72 | 2,76 | 2,78 | |
| | | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| RESULTADO FINAL DO EDIFÍCIO 01 | | | 2,47 ● | | | | | | | | | |

Tabela 6: Resultado da pesquisa no edifício 02. (elaboração própria)

Table 6: Building 02 results (own elaboration)

| | | CRITÉRIOS/DIRETRIZES | PESO | 102 | 201 | 203 | 303 | 402 | 403 | 501 | 502 | 503 |
|--|--|--|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Ventilação Natural [2] | | Condições do ambiente quando as janelas estão fechadas | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| | | Conforto térmico no período de inverno | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| | | Uso do Ventilador - SALA | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| | | Uso do Ventilador - QUARTO | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| | | Apartamento ventilado | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| | | Conforto térmico no período do verão | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| | | Segurança com o uso de elementos vazantes - SALA | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| | | Segurança com o uso de elementos vazantes - QUARTO | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| MÉDIA PONDERADA DIRETRIZES X PESO DO CRITÉRIO | | | | 5,15 | 6,23 | 6,47 | 5,52 | 5,52 | 6,35 | 5,17 | 6,00 | 6,47 |
| Estratégias Constr. [1/2] | | Distribuição interna determinando as dimensões dos ambientes | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| | MÉDIA PONDERADA DIRETRIZES X PESO DO CRITÉRIO | | | | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Tipologia [2] | Elem. vazantes | Existência de elementos vazantes e com regulagem | [2] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| | | Dimencionamento | [2] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| | | Sistema de abertura determinando a área de ventilação- SALA | [2] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| | | Sistema de abertura determinando a área de ventilação - QUARTO | [2] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| MÉDIA PONDERADA DIRETRIZES X PESO DO CRITÉRIO | | | | 6,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | 8,00 | |
| Função [1] | Estanqueidade | Ruídos e assovios ação de ventania - SALA | [1] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| | | Ruídos e assovios ação de ventania - QUARTO | [1] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| | | Ação de chuvas de vento - SALA | [1] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| | | Ação de chuvas de vento - QUARTO | [1] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| | | Penetração de pó - SALA | [1] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| | | Penetração de pó - QUARTO | [1] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| | | Ruídos externos ao ambiente - SALA | [1] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| | | Ruídos externos ao ambiente - QUARTO | [1] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| | Comp. estética | Estética do edifício com as tipologias de janelas | [1/2] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| | Contato visual | Contato visual relacionado à dimensão – SALA | [1/2] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Contato visual relacionado à dimensão – QUARTO | | [1/2] | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| MÉDIA PONDERADA DIRETRIZES X PESO DO CRITÉRIO | | | | 3,10 | 3,31 | 3,31 | 2,89 | 3,28 | 3,94 | 3,73 | 3,63 | 3,31 |
| Média dos apartamentos | | | | 3,14 | 3,37 | 3,47 | 3,16 | 3,28 | 3,50 | 3,25 | 3,38 | 3,27 |
| RESULTADO FINAL DO EDIFÍCIO 02 | | | | | | | | | | | 3,31 | ● |

5. Conclusões

A determinação da ferramenta metodológica proposta para a apresentação dos resultados sobre a satisfação dos usuários em relação ao conforto térmico dos ambientes internos direcionou para um processo de representação na forma de símbolos, utilizando cores para proporcionar uma leitura rápida dos dados obtidos na pesquisa de campo.

O modelo de metodologia proposto demonstrou que a utilização de cores e símbolos é eficiente quando associados à descrição dos fatos, ou seja, há necessidade de descrever a sensação transmitida pelo usuário ao responder as questões, pois fatos peculiares não são representados e transcritos através dos conceitos pré estabelecidos.

A pesquisa de campo evidenciou que a inserção do usuário - principalmente quando há necessidade de acesso à sua residência - é dificultado, pois a rotina diária e a insegurança da vida urbana são fatores a serem considerados no dimensionamento da amostragem e no tempo previsto para a realização da atividade.

É importante ressaltar que a etapa de elaboração dos questionários deve ser especialmente dimensionada, principalmente na formulação de perguntas que sejam de fácil compreensão do respondente e, também, que não induzam a uma resposta equivocada.

O resultado do teste demonstrou, entre outros aspectos, que o usuário em geral não tem conhecimento sobre o elemento janela, seja em relação às suas características técnicas e construtivas, seja em relação às tipologias e tecnologias existentes no mercado e consequentes potencialidades e restrições de uso. Além do resultado específico da metodologia, ressalta-se ainda que a avaliação das tipologias usuais no mercado de Vitória permitiu a formulação de um quadro comparativo que pode auxiliar na tomada de decisão por arquitetos e projetistas (Nico-Rodrigues, 2008).

Agradecimientos

Este estudo foi realizado como parte de um Doutorado em Arquitectura y Urbanismo da Universidad del Bío – Bío, Concepción, Chile.

Referências Bibliográficas

- AKUTSU, Maria; VITTORINO, “Flúvio. Isolamento Térmico, Ventilação”. In: ABCI. (Org.). Manual Técnico de Caixilhos/Janelas: aço, alumínio, vidros, PVC, madeira, acessórios, junta e materiais de vedação. 1 ed. São Paulo: PINI, 1991, v. único, p. 19-32
- ALVAREZ, Cristina Engel. Metodologia para construção em áreas de difícil acesso e de interesse ambiental: aplicabilidade na Antártica e nas ilhas oceânicas brasileiras. Tese (Doutorado em Tecnologia) Programa de Pós graduação em Tecnologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-3: Desempenho técnico de edificações. Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.
- BAHIA, Sérgio Rodrigues. Modelo para elaboração de código de obras e edificações. Rio de Janeiro, IBAM/DUMA, 1997.
- BITTENCOURT, Leonardo; CÂNDIDO, Christina. Introdução à ventilação natural. Maceió, EDUFAL, 2006.
- CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. Em busca de uma Arquitetura sustentável para os trópicos – conforto ambiental. Rio de Janeiro, Revan, 2003.
- LABORATÓRIO DE PLANEJAMENTO E PROJETOS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO, (LPP-UFES). Avaliação da implantação da nova ECASPSP. Vitória, Relatório Técnico, 2006.
- LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Mariana de Andrade. Fundamentos de metodologia científica. São Paulo, Atlas, 270p. 1991.
- LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. Eficiência energética na arquitetura. São Paulo, PW, 192p. 2004.
- MERMET, Alejandro Gabriel. Ventilación natural de edificios. Buenos Aires, Eduardo Yarke – Nobuko, 2005.
- NICO-RODRIGUES, Edna Aparecida. Janelas x ventilação: modelo de apoio à escolha de janelas para edificações multifamiliares em Vitória, ES. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Programa de Pós Graduação em engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, 2008.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE VITÓRIA. Código de obras da Prefeitura Municipal de Vitória. Vitória, 1998.

Recibido 28|09|2011
Aceptado 17|11|2011



Materiais de construção com características sustentáveis e reaproveitáveis: oferta no Estado do Espírito Santo (Brasil)

Building materials with sustainable and reusable characteristics in the State of Espírito Santo (Brazil)

Márcia Bissoli Dalvi ^(a); Fabrícia Delfino Rembiski ^(b); Cristina Engel de Alvarez ^(c)

(a) Laboratório de Planejamento e Projetos – Centro de Artes – Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil – email: marciabissoli@gmail.com

(b) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo – email: frembiski@gmail.com

(c) Laboratório de Planejamento e Projetos – Centro de Artes – Universidade Federal do Espírito Santo, Brasi – email: cristinaengel@pq.cnpq.br

RESUMO

Palavras chave:
Materiais sustentáveis
Materiais reaproveitáveis
Sustentabilidade
Arquitetura Sustentável

A especificação de um novo material de construção é uma ação de grande responsabilidade, pois além do desempenho, devem ser considerados os consequentes impactos ambientais, econômicos e sociais. Diante disso, e considerando o papel do ensino na formação dos arquitetos, desenvolveu-se uma pesquisa, reunindo professores e alunos de duas disciplinas do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Espírito Santo. O objetivo é verificar a disponibilidade e a efetiva utilização de materiais de construção denominados “sustentáveis”, no Estado do Espírito Santo (Brasil). A metodologia utilizada abordou dois aspectos: (a) pesquisa da oferta de materiais de construção “sustentáveis” no local e em lojas de materiais de construção e (b) visitas às edificações construídas com esses materiais. Como ferramentas foram utilizados um formulário semiestruturado para registro das observações da pesquisa de campo e registros fotográficos. Constatou-se que grande parte das edificações que utilizam estes materiais é de uso comercial. Devido ao desconhecimento de suas potencialidades por arquitetos e consumidores, os mesmos não são aplicados em larga escala. Foram identificados três tipos de usuários que utilizam os materiais pesquisados: 1. “Ambientalmente consciente” (usa por opção); 2. “Criativo por necessidade” (utiliza como situação alternativa); e 3. “Ambientalmente chic” (adota por “estar na moda”).

ABSTRACT

Keywords:

Reusable materials
Reuse material
Sustainability
Sustainable architecture

The activity of specifying a new building material is an act of great responsibility, because beyond performance it is important to consider the environmental, economical and social impacts. Thus, and considering the role of education in the training of architects, a research was developed bringing together students and tutors of two classes of the Architecture and Urbanism course at Federal University of Espírito Santo. The goal is to verify the existence and use of building materials known as "sustainable", available on the market of Espírito Santo (Brazil). The methodology addressed two issues: 1. The provision of market research in several cities and shops of building materials, and 2. Visits to buildings. The research tools were a semi-structured questionnaire?? and a photographic survey. The results showed that most of the buildings that use sustainable materials are of commercial use, and that due to ignorance of the potential of these materials by architects and consumers, they are not applied on a large-scale. We identified three types of users who use the materials studied: 1. "Environmentally conscious" (Used by choice), 2. "Creative by necessity" (used as alternative situation) 3. "Environmentally chic" (adopted for "fashion" issues).

1. Introdução

A escolha por determinado tipo de material de construção no projeto arquitetônico requer conhecimento e responsabilidade, pois além da questão do desempenho, pode ocasionar impactos significativos, tanto no âmbito ambiental como no econômico, e até mesmo social. Diante destas três frentes, e considerando o papel do ensino na formação dos arquitetos, faz-se necessário considerar diferentes aspectos, a fim de contribuir para uma definição por produtos de menor impacto sobre o meio ambiente. Ao iniciar a pesquisa, procurou-se adotar alguns critérios para a identificação de materiais sustentáveis em diferentes fontes de pesquisa.

Os pressupostos que embasam este artigo relacionam-se à pergunta: O que é um material sustentável? Dentre os vários fatores a serem analisados, a utilização de materiais reaproveitáveis ou reciclados é uma iniciativa positiva e pertinente ao conceito de construção sustentável. Esse conceito preconiza a realização de medidas durante as fases de planejamento, execução e vida útil da edificação, tais como o uso racional de materiais de construção e o planejamento da demolição seletiva da edificação, objetivando a redução dos impactos ambientais advindos de sua utilização (Yeang, 2001; Oliveira, 2009; Wadel, Avellaneda e Cuchí, 2010; Brasil, 2010).

Os princípios de Kibert (2000) vão ao encontro daqueles propostos por Jaillon; Poon; Chiang (2009, p.309, tradução nossa): "A conservação dos recursos e a redução de resíduos são fatores cada vez mais importantes para a construção sustentável". Sternieri, Pimentel e Lintz (2008) recomendam a aplicação do conceito de construção sustentável, durante a escolha de materiais recicláveis ou reutilizáveis e tecnologias construtivas, além da gestão de resíduos de construção civil no canteiro de obras. Devido às características do mercado e do estilo de vida adotado na atualidade fortemente globalizada, a cadeia produtiva da construção civil necessita estabelecer novos modelos de produção sustentáveis, principalmente no setor de materiais de construção, o qual consome grande quantidade de recursos naturais em seus processos produtivos. De acordo com John, Oliveira e Lima (2007), o setor é responsável pelo consumo de até 75% dos recursos naturais, sendo a maior parte não renovável. Soma-se a isto o desperdício de matéria-prima, energia, água e emissões de poluentes (OLIVEIRA, 2009).

Conforme Ljungberg (2007), a seleção de materiais mais sustentáveis implica em mudanças culturais e no estilo de vida dos consumidores. Nesse contexto, uma alternativa segundo Rogers e Gumuchdjian (2001, p. 82) seria "a adoção do uso do novo, do reciclado ou de materiais compostos que pode gerar economia e melhorias qualitativas. Essas abordagens inovadoras do

projeto podem envolver tanto a alta tecnologia quanto a comum”. Outras abordagens também são necessárias.

De uma forma geral, é pertinente fazer uma comparação dos impactos ambientais entre materiais compatíveis, e para tanto, a análise do ciclo de vida (ACV) é uma ferramenta funcional, que estuda os aspectos ambientais, além dos potenciais impactos ao longo da vida de um produto, levando-se em consideração a aquisição da matéria-prima, passando pela produção, uso e disposição (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001). Algumas das variáveis de análise compreendem energia (com a respectiva fonte utilizada) e o uso de recursos não renováveis, bem como emissões diversas para o solo, água e ar (TAVAREZ, 2006).

De acordo com John, Oliveira e Lima (2007, p.9), a ACV “Constitui uma abordagem mais completa que a energia incorporada, mas está longe de ser uma abordagem perfeita e está em constante desenvolvimento”. A exemplo disso, Tavaréz (2006) propõe uma Análise do Ciclo de Vida Energético como uma forma simplificada, porém significativa, que prioriza o inventário de dados de consumo energético e fornece informações para avaliação de impactos ambientais importantes como a emissão de gases do efeito estufa, além de demandar menos custos e tempo na sua execução, se comparado a ACV.

Visando o desempenho ambiental, um material sustentável apresenta o melhor desempenho ao longo de seu ciclo de vida, com função, qualidade e nível de satisfação igual, ou melhor, se comparado com um produto-padrão. Para se determinar qual seria o padrão, as certificações são consideradas boas referências, uma vez que, os materiais certificados já foram testados e passaram, teoricamente, por rigorosas análises. No entanto, verifica-se que no Brasil, ainda são poucas as iniciativas relacionadas à certificação, podendo-se citar a certificação em relação à conformidade do material. O programa de certificação florestal é o mais conhecido e tem por objetivo cooperar para o uso responsável dos recursos naturais, ao atestar para um comprador que os produtos a serem adquiridos são beneficiados de forma ambientalmente correta, socialmente benéfica e economicamente viável (MACEDO *et al.*, 2008).

Em relação à ACV, nem sempre é possível avaliar um material devido à ausência de informações do fabricante e do conhecimento do produto analisado. Além disto, a falta de

experiência do consumidor e do especificador, também, é um entrave para o conhecimento de todos os estágios do ciclo de vida, desde o “nascimento, ou berço - extração do material/matéria-prima-, até o túmulo - disposição final” (MACEDO *et al.*, 2008, p. 64).

Há de se destacar dentro de um grupo específico de materiais, informações sobre quais fatores levar em consideração ao selecionar um determinado material. Um trabalho direcionador, neste sentido, é o Manual “Procura+”, desenvolvido pelo ICLEI¹, o qual destaca os requisitos de um produto sustentável sob o ponto de vista ambiental (tabela 1).

Mülfarth (2003), ao apresentar diretrizes para uma arquitetura de baixo impacto humano e ambiental, descreve alguns itens relacionados aos materiais construtivos, tais como: prevenção da poluição (água, ar e solo) em todas as fases do ciclo de vida do material; escolha de materiais com extensa vida útil e fácil manutenção; escolha de materiais construtivos provenientes da localidade, com baixa energia incorporada; equilíbrio entre as variáveis ambientais e econômicas na escolha dos materiais construtivos; redução do impacto ambiental ao longo do ciclo de vida dos materiais construtivos (ênfase nas fases de extração da matéria-prima, fabricação, transporte, construção, manutenção, reutilização, reciclagem); escolha de materiais construtivos com baixo grau de toxicidade em todas as fases do ciclo de vida; e avaliação da mão-de-obra empregada para fabricação do material, evitando exploração (social e infantil). Acrescenta-se aqui a necessidade de adequação das propriedades térmicas do material às características climáticas do local, levando-se em consideração o fato de que um material com propriedades térmicas inadequadas a uma determinada realidade poderá ocasionar danos e intensificar seu impacto ambiental.

A aplicação desses materiais alternativos na construção civil não deve levar em conta somente o impacto de sua fabricação, como também se há mão-de-obra especializada no local da futura edificação, além da questão do transporte, ou seja, a distância entre a origem e o consumo final.

¹ O manual é um guia para aquisição de produtos sustentáveis para obras públicas, lançado pelo *International Council for Local Environmental Initiatives* (ICLEI).

Tabela 1: Requisito para a seleção de um produto sustentável de acordo com o Manual Procura. (Adaptado de BEGIN, 2007)
Table 1: Requirement for selecting a sustainable product in accordance with the Manual Search. (Adapted from BEGIN, 2007)

| REQUISITOS | BREVE DESCRIÇÃO |
|---|---|
| Uso fácil | Critérios-chave para selecionar um grupo de produtos (civil, eletricidade, equipamentos de tecnologia da informação e outros), que apontam para os impactos ambientais, que podem ser inseridos em documentos de licitação. |
| Eficácia na promoção do aprimoramento ambiental | Foco direcionado para os impactos ambientais provocados por um produto durante seu ciclo de vida. Propõe a identificação de algumas características que influenciam no impacto ambiental. Acredita que focalizar um número reduzido de critérios baseados nessas características, garante que a atenção dos consumidores esteja dirigida para onde possa haver maiores impactos. Ao analisar uma vasta quantidade de produtos, foi constatado que para a maioria deles, um conjunto de uma a três características, pode ser identificado como responsável por 70-90% dos impactos ambientais durante seu ciclo de vida. |
| Mensagem coerente para o mercado | Se os compradores públicos agissem de uma forma coordenada, muitas autoridades exigiriam os mesmos critérios para a licitação de produtos, lançando, assim, um sinal forte aos potenciais fornecedores sobre a existência de um grande mercado de alternativas ambientais preferíveis. |

Neste sentido, Bissoli (2007) apresenta algumas recomendações para a escolha de materiais de construção alicerçado nos conceitos da sustentabilidade referentes ao caso de habitações de interesse social:

- Tirar proveito da mão-de-obra local;
- Ter profissionais técnicos capacitados a orientar adequadamente os moradores nas intervenções físicas da moradia;
- Envolver, cada vez mais, os moradores na tomada de decisões referentes à melhoria e/ou mudança em suas habitações;
- Apresentar aos moradores possibilidades de materiais a serem usados nos acabamentos internos e no exterior - no lote - dando prioridade para materiais ambientalmente corretos, como por exemplo, os recicláveis e reaproveitáveis;
- Fazer uso de produtos e tecnologias sustentáveis durante as diversas etapas da obra, evitando materiais com agentes contaminantes;
- Dar preferência por materiais locais;
- Promover palestras e reuniões voltadas à postura e conscientização ambiental, relacionando cada material a possíveis problemas ambientais ou escolhas eficientes, no contexto em que se insere; e
- Desenvolver e divulgar possibilidades de melhorias, com o uso de técnicas e materiais sustentáveis.

Por sua vez Souza (2008), ao desenvolver uma proposta de ferramenta de avaliação da sustentabilidade de edifícios, destaca alguns

critérios referentes à categoria materiais e apresenta, para cada critério, alguns indicadores de avaliação (tabela 2).

1.1 Justificativas

A falta de dados e informações em relação aos materiais sustentáveis é um entrave para a especificação e uso dos mesmos. São várias as pesquisas que procuram identificar as principais características destes materiais (Carvajal, 2004; Ramalheite, Senos, Aguiar, 2010; Baetens, Jelle, Gustavse, 2010). O que se percebe, muitas

vezes, é a divulgação de informações por fabricantes e fornecedores, o que acaba se tornando um risco na veracidade dos conteúdos

expostos ou, por outro lado, com informações de caráter propagandístico.

Este fato se agrava ainda mais, visto que no Brasil, especialmente no Espírito Santo, existem lacunas referentes à comercialização e à caracterização técnico-econômica destes materiais. Em alguns casos, o consumidor é bombardeado com dados que anunciam ser o produto o melhor para o meio ambiente e a rotulagem pode confundir ou até mesmo esconder certos problemas.

Por outro lado, o profissional de arquitetura não possui formação adequada que o capacite a avaliar a informação recebida, sendo perceptível a necessidade de incremento nas atividades curriculares do curso de graduação que o incentivem na busca pelo melhor material para cada situação de uso.

2. Objetivo

A pesquisa teve por objetivo verificar a existência e a utilização de materiais de construção denominados “sustentáveis” disponíveis no mercado do Espírito Santo, bem como conscientizar os alunos do curso de Arquitetura e Urbanismo quanto à responsabilidade sobre os processos de seleção inerentes à profissão. Destaca-se que não se propõe conferir aos resultados *status* de certificação ambiental ou socioambiental, nem tampouco ser um guia para projetistas. Os resultados configuram-se como uma pesquisa que utiliza alguns estudos de casos para representar a realidade local, e identificar materiais com características sustentáveis e que são usados pelo setor da construção civil no Estado do Espírito Santo.

3. Método Empregado

Considerando o papel do ensino na formação dos arquitetos, foi desenvolvida uma pesquisa específica, reunindo professores e alunos das disciplinas Projetos Especial e Tópicos de

Arquitetura Contemporânea, do curso de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Espírito Santo, uma vez que tais disciplinas abordam em seus conteúdos a relação da sustentabilidade com a arquitetura, com ênfase para o estudo dos materiais de construção e os resíduos. Ambas as disciplinas eram optativas e participaram das atividades trinta e oito alunos e duas docentes.

A metodologia utilizada adotou dois enfoques: a) Pesquisa da oferta de mercado em diversas cidades do Estado, em lojas de materiais de construção e de materiais de demolição; e b) visitas às edificações. Como ferramentas foram utilizadas um formulário semiestruturado, contendo questões sobre origem, composição, durabilidade, custo, utilização e relação com o mercado local, além de registro fotográfico.

A metodologia considerou, inicialmente, identificar e listar possíveis materiais considerados sustentáveis, alicerçados nos conceitos de Souza (2008). Para tanto, foram levados em consideração alguns princípios que contribuíssem para tal decisão, destacando-se

Tabela 2: Critérios para a escolha de materiais sustentáveis, de acordo com Souza (2008).

Table 2: Criteria for choice of sustainable materials, according to Souza (2008).

| CRITÉRIOS | INDICADOR DE AVALIAÇÃO (EXPLICAÇÃO DOS CRITÉRIOS) |
|--|---|
| Reuso de estruturas existentes | Inventário das condições estruturais, funcionais e econômicas das estruturas |
| Uso mínimo de materiais de acabamento | Uso de elementos construtivos que necessitem de mínimo ou nenhum acabamento (permanecem aparentes) |
| Uso mínimo de materiais virgens (novos) | Percentual da área de superfícies de pisos, paredes e forros internos produzidos a partir de materiais não virgens |
| Uso de materiais duráveis | Consideração da vida útil na escolha dos produtos, sistemas e processos construtivos em função do seu uso no edifício, dando preferência ao uso de materiais com alta durabilidade |
| Reuso de materiais recuperados | Reutilização de materiais, produtos e mobiliários recuperados ou reformados |
| Uso de materiais reciclados de fontes externas ao terreno | Uso de materiais, produtos e mobiliários feitos de materiais reciclados |
| Uso de produtos naturais obtidos de fontes sustentáveis | Uso de produtos naturais, principalmente madeira e produtos de madeira, certificados como sendo de origem renovável por agência reconhecida |
| Uso de cimento com adições no concreto | Uso de cimento Portland Comum III ou Portland Comum IV, bem como uso de concretos moldados <i>in loco</i> , usinados e pré-moldados fabricados com estes cimentos |
| Uso de materiais produzidos no local | Uso de materiais, como agregado, areia, concreto, alvenaria, aço e vidro, produzidos dentro da região urbana ou a menos de 300 km do local da obra |
| Projeto para desmonte, reutilização ou reciclagem | Medidas para facilitar futuro desmonte, reuso ou reciclagem, como o uso de componentes internos modulares, componentes estruturais ou do envelope do edifício separáveis e sem o uso de compósitos ou materiais de ligação |
| Uso de materiais, produtos, sistemas ou processos construtivos certificados | Escolha de materiais, produtos, sistemas ou processos construtivos cujas características são verificadas por órgão, agência ou empresa competente |
| Escolha dos materiais baseada no conhecimento da contribuição dos mesmos nos impactos ambientais da construção | Conhecimento das características ambientais dos produtos de construção, principalmente quanto à emissão de gases contribuintes para o efeito estufa, energia embutida, geração de resíduos, possibilidade de reuso/reciclagem de materiais, uso de recursos renováveis e esgotamento de recursos naturais, características higiênicas dos produtos de construção quanto ao crescimento bacteriano e fúngico, e escolha dos mesmos com base nessas informações |

que, mesmo não atendendo a todos simultaneamente, foram respeitados e considerados aqueles que atendessem a, pelo menos, três características positivas. Destacam-se aqui: a) Material de reuso ou reaproveitamento; b) Material reciclável; c) Material constituído a partir do reaproveitamento de outros produtos; d) Material local (considerou-se como limite um raio de 500 km); e) Material com baixa perda durante sua aplicação; f) Material isento de substâncias tóxicas e/ou com percentual reduzido em sua composição; g) Material que consome pouca energia em seu processo de beneficiamento; h) Material com alta durabilidade e praticidade na instalação e manutenção; i) Material que forneça adequação térmica à realidade em que está sendo aplicado. Com o levantamento dos materiais realizado, foi possível traçar os perfis de usuários “tipos”. Foi identificado que a classe social e o envolvimento com as causas ambientais influenciam a aceitação e o uso dos materiais aqui estudados. Destaca-se que, o agrupamento aconteceu diante da repetição de casos estudados em que os usuários possuíam características que pudessem direcionar o material ao grupo previamente definido, podendo acontecer situações em que o material aqui descrito como pertencente a um determinado grupo, seja utilizado por outro. A nomenclatura dos perfis foi sugerida pelos envolvidos com a pesquisa.

4. Resultados Obtidos

Foram identificados três tipos de usuários potenciais e apresentados alguns materiais considerados menos impactantes, levando em consideração os princípios propostos inicialmente.

4.1 Identificação dos usuários

Para a caracterização dos três tipos de usuários identificados durante a pesquisa, o tabela 3 apresenta as principais características definidas para cada perfil, considerando a população que adota algum tipo de material considerado sustentável.

4.2 Identificação dos materiais

Dentre outros motivos, o desconhecimento dos arquitetos e consumidores das potencialidades dos materiais considerados sustentáveis, dificulta sua aplicação em larga escala no mercado local. Com o intuito de apresentar os materiais de forma clara e objetiva, a tabela 4 resume os principais materiais disponíveis no mercado, seus aspectos relevantes e os locais comumente empregados.

Para categorizar os materiais, optou-se por segmentar o quadro e ajustá-lo para cada tipo de usuário, conforme anteriormente descrito no tabela 3.

Na avaliação dos resultados foram constatadas algumas variações quanto ao uso dos materiais. Verificou-se que dentre os usuários de baixo poder aquisitivo, a incorporação acontece de forma alternativa, em suas próprias habitações. Enquanto isso, o usuário de melhor poder aquisitivo, na maioria das vezes, o emprego do material acontece em edificações de uso comercial, onde o apelo ecológico e o *marketing* são impulsionadores de mercado e contribuem para a imagem daqueles que ficam expostos de alguma forma, o que também contribui para a elevação dos preços dos materiais.

Tabela 3: Tipos de usuários identificados na pesquisa. (Elaboração própria)
Table 3: Types of users identified in the survey. (own elaboration)

| USUÁRIO | DESCRIÇÃO DO PERFIL |
|-----------------------------------|---|
| TIPO 1: Ambientalmente consciente | Também pode ser descrito como naturalista ou ambientalmente correto. Adota modo de vida que se aproxima aos ciclos da natureza. Faz uso, por opção, de materiais alternativos, simples e recicláveis. Geralmente suas construções estão em áreas afastadas dos centros urbanos. Nesse tipo de usuário o poder aquisitivo não influencia na escolha. |
| TIPO 2: Criativo por necessidade | Também pode ser descrito como usuário carente. Utiliza materiais recicláveis por condições financeiras precárias. Acaba utilizando-os numa situação alternativa. Geralmente são moradores de áreas de risco ou pessoas de menor poder aquisitivo. |
| TIPO 3: Ambientalmente chique | Também pode ser descrito como usuário seletivo. Adota materiais reciclados por “estar na moda”, por opção. Na maioria das vezes os materiais são produzidos em escala industrial. São pessoas de melhor poder aquisitivo. |

Tabela 4: Materiais potencialmente empregados no mercado capixaba. (Elaboração própria)
Table 4: Materials with potential for being used in the market (own elaboration)

| TIPO 1: USUÁRIO AMBIENTALMENTE CONSCIENTE | | |
|---|---|---|
| MATERIAL | ASPECTOS RELEVANTES | LOCAIS DE APLICAÇÃO IDENTIFICADOS |
| <p>Eucalipto</p>  | <p>É um material de grande representatividade local, é de rápida renovação e já existem produtos para tratamento de baixa toxicidade.</p> <p><u>Fornecimento local:</u> Grande disponibilidade</p> | <p>Utilizado em distintas edificações na forma de estruturas, pisos, paredes, telhados, portas, postes, dormentes, edificações rurais (mourões, currais), entre outros.</p> |
| <p>Telha produzida com recicláveis</p>  | <p>Material constituído a partir do reaproveitamento de produtos como plástico, papel e alumínio, tubos de pasta de dente e embalagens tipo <i>tetra pak</i>. Possui alta taxa de impermeabilidade e durabilidade média.</p> <p><u>Fornecimento local:</u> comum no mercado</p> | <p>Cobertura de telhados residenciais e industriais.</p> |
| <p>Pneus inservíveis</p>  | <p>Pneus descartados por empresas recauchutadoras são utilizados na construção civil sem passar por transformação, reduzindo impactos causados em depósitos irregulares, redução de consumo energético, economia na extração de novos materiais e outros.</p> <p><u>Fornecimento local:</u> Grande disponibilidade</p> | <p>Separação de canteiros em vias urbanas (os pneus semi-enterrados são encostados uns aos outros para garantia da estabilidade do conjunto). Também são usados em detalhes de jardinagem e como alternativa para estrutura de muros.</p> |
| <p>Vidros reaproveitados</p>  | <p>Vidro reutilizado em situações diferentes daquelas para as quais foi produzido, sem passar necessariamente pelo processo de transformação. Nesse caso reduz-se o consumo energético e oferece-se um novo uso para o material que seria descartado, somando vários outros benefícios para o meio ambiente.</p> <p><u>Fornecimento local:</u> Grande disponibilidade</p> | <p>Vitrais, janelas, clarabóias. No exemplo, à esquerda: vidro de para-brisa de caminhão usado como janela para iluminar; e à direita: garrafas de bebidas instaladas como vitral, para iluminar. O exemplo ilustra o Instituto EcoOca (Município de Alfredo Chaves/ES)</p> |
| <p>Cacos de cerâmica</p>  | <p>O reaproveitamento do material contribui para a redução das áreas de deposição, entre vários outros benefícios que se somam. Aqui é utilizado de forma consciente, respeitando as propriedades e exigências do material, incluindo também a valorização estética.</p> <p><u>Fornecimento local:</u> Grande disponibilidade</p> | <p>Revestimento de pisos, paredes e tetos de áreas internas e externas. O exemplo ilustra a "Casa de Pedra", município de Serra (ES), do artista plástico Neusso Ribeiro que utiliza restos de materiais de construção e demolição.</p> |

| TIPO 2: CRIATIVO POR NECESSIDADE | | |
|--|--|--|
| MATERIAL/USUÁRIO | ASPECTOS RELEVANTES | LOCAIS DE APLICAÇÃO IDENTIFICADOS |
| Resíduos de Madeira  | <p>Madeiras provenientes da construção civil, que são descartadas e posteriormente adquiridas pelos catadores de resíduos recicláveis. Os fechamentos são realizados por meio de critério mínimo de compatibilidade de espessura entre os materiais, e a fixação é feita por arames e pregos.</p> <p><u>Fornecimento local:</u> Grande disponibilidade</p> | <p>Revestimento de superfícies (pisos e paredes) com ripas, compensado e madeira de embalagens tipo <i>pallets</i>. Estas madeiras necessitam troca a cada três meses para garantir a impermeabilidade dos fechamentos.</p> |
| Cacos de cerâmica  | <p>Aproveitamento de restos de cerâmicas de obras ou destinadas ao descarte, instaladas sem a preocupação estética, ignorando-se também itens como durabilidade, resistência, local de fluxo, áreas molhadas, entre outras propriedades.</p> <p><u>Fornecimento local:</u> Grande disponibilidade</p> | <p>Pavimentação de áreas externas, revestimentos internos de piso, paredes e acabamentos, além de possível utilização em detalhes de mobiliário. O exemplo ilustra a instalação em unidades habitacionais do Conjunto Residencial Barreiros, Vitória (ES).</p> |
| TIPO 3: AMBIENTALMENTE CHIQUE | | |
| MATERIAL/USUÁRIO | ASPECTOS RELEVANTES | LOCAIS DE APLICAÇÃO IDENTIFICADOS |
| Madeira de demolição  | <p>Origem na demolição de casas rurais principalmente de Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo, bem como em dormentes de estradas de ferro. Adaptada conforme as necessidades do projeto. Podem conter marcas de pregos, rachaduras, pinturas, entre outros, o que não desmerece o valor do produto (estético e financeiro).</p> <p><u>Fornecimento local:</u> Revendas em lojas específicas</p> | <p>Revestimento de superfícies (piso e parede), esquadrias, elementos estruturais (vigas e pilares), objetos de decoração, escadas, e outros.</p> |
| Pastilha de Coco  | <p>Composto por casca do coco, babaçu, coco de dendê e casca de arroz (Endocarpo de coco da Bahia). Comercializado em placas de 20x20 cm e 30x30 cm. Possui fácil aplicação e manutenção.</p> <p><u>Fornecimento local:</u> Revendas em lojas específicas</p> | <p>Revestimento de diversas superfícies em ambientes isentos de umidade.</p> |
| Madeira Plástica  | <p>Origina-se da reciclagem de alguns resíduos plásticos, como recipientes e pneus, por meio do processo de extrusão. Este material apresenta fácil manutenção e grande vida útil. Conhecida também como Madeira Bio sintética.</p> <p><u>Fornecimento local:</u> Revendas em lojas específicas</p> | <p>Mobiliário urbano (bancos), <i>deck</i>, revestimento de pisos e paredes. Pode ser usado tanto internamente, quanto externamente.</p> |

5. Considerações Finais

Dentre os materiais encontrados, destaca-se a madeira de demolição, aplicada tanto como revestimento de piso e parede, quanto como elemento estrutural. Constata-se que ainda não há uma efetiva relação entre procura e oferta dos materiais construtivos de menor impacto ambiental no mercado capixaba, e seu incremento passa, necessariamente, por uma formação acadêmica que incentive a percepção ambiental nos graduandos – futuros arquitetos e especificadores.

Acredita-se que, para a aceitação e inserção no mercado, muitos outros materiais aqui não mencionados precisam ser inseridos em grande escala, para que os preços se ajustem as características dos distintos centros consumidores. Os materiais considerados sustentáveis devem receber incentivos, seja através de divulgação aos profissionais da construção civil ou pela redução da carga tributária, para que a sua comercialização possa se concretizar, diminuindo deste modo, seu custo final para o consumidor.

O trabalho realizado trata-se de uma amostra não representativa do cenário atual do mercado local de materiais de construção considerados sustentáveis, representados pelos projetos e obras visitadas. Deste modo, para a realização de um trabalho mais detalhado, necessita-se de um período maior de pesquisa de campo, mapeamento dos estabelecimentos e dos representantes comerciais responsáveis pela distribuição destes materiais no Estado e seleção de uma amostra representativa para estudo.

Ainda vale destacar que, para que a construção se torne sustentável, além do uso desses materiais, deve-se levar em conta soluções técnicas e construtivas que possam complementar a idéia conceitual desta pesquisa. Alguns itens - como o uso de energias limpas, o reuso de águas servidas, a utilização de painéis solares para aquecimento de água, a destinação correta dos resíduos gerados durante a vida útil da edificação, entre outros –, contribuem para uma construção mais sustentável. Isto não é praticável em apenas em um item, mas no seu conjunto, pois a utilização dessa edificação também pode gerar uma série de impactos ao meio ambiente e que precisam ser analisados.

Agradecimientos

Este estudo foi realizado como parte de um Doutorado em Arquitectura y Urbanismo da Universidad del Bío – Bío, Concepción, Chile.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR ISO 14040: Sistema de Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura*. Rio de Janeiro, 2001.

BAETENS, R.; JELLE, B. P.; GUSTAVSE, A. Phase change materials for building applications: A state-of-the-art review. *Energy and Buildings*. V. 42, p. 1361–1368, 2010.

BEGIN, G.V. 2007. *The Procura+ Manual: A Guide to Cost-Effective Sustainable Public Procurement*. 2nd ed. Freiburg: ICLEI - Local Governments for Sustainability. Disponível em: <<http://procuraplus.org/index.php?id=4611>>. Acesso em: 17 maio 2009.

BISSOLI, M. 2007. *Recomendações para a sustentabilidade da habitação de interesse social: uma abordagem ao Conjunto Residencial Barreiros, Vitória (ES)*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 233f.

BRASIL. Instrução Normativa nº 1 de 19 de janeiro de 2010. Dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências. In: *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*. Brasília, DF: 20 jan. 2010.

CARVAJAL, C. I. *Proposición de una metodología de evaluación de la sustentabilidad de los materiales de construcción y la generación de un sello verde*. Valparaíso. Universidade de Valparaíso. 2004.143p.

INTERNATIONAL COUNCIL FOR LOCAL ENVIRONMENTAL INITIATIVES – ICLEI. Local Governments for Sustainability. 2008. Disponível em: <www.iclei.org>. Acesso em: 17 maio 2009.

JAILLON, L.; POON, C.S.; CHIANG, Y.H. Quantifying the waste reduction potential of using prefabrication in building construction in Hong Kong. *Waste Management*, v.29, n.1, p. 309-320, jan. 2009.

JOHN, V. M.; OLIVEIRA, D. P.; LIMA, J. A. R. de. *Levantamento do estado da arte: Seleção de materiais*. Documento 2.4. Projeto Tecnologias para construção habitacional mais sustentável. São Paulo: FINEP, 2007.

KIBERT, C.J. Deconstruction as an essential component of sustainable construction. In: *Strategies for a Sustainable Built Environment*, Pretoria, 23-25 August 2000. Disponível em: <<http://www.sustainablesettlement.co.za/event/SSBE/Proceedings/kibert.pdf>> Acesso em: 29 dez. 2008.

LJUNGBERG, L.Y. Materials selection and design for development of sustainable products. *Materials and Desig.* v.28, p.466–479, 2007.

MACEDO, L. S. V.; BETIOL, L. S.; BIDERMAN, R.; MAZON, R.; MONZONI, M. 2008. *Guia de Compras Públicas Sustentáveis: Uso do poder de compra do governo para a promoção do desenvolvimento sustentável*. 2nd ed. Rio de Janeiro: Editora FGV. v. 1. 152 p. Disponível em: <<http://www.catalogosustentavel.com.br/arquivos/file/Compras%20públicas%20a%20ed%205a%20prova.pdf>>. Acesso em: 16 maio 2009.

MÜLFARTH, R. C. K. 2003. *Arquitetura de baixo impacto humano e ambiental*. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo. 73f.

OLIVEIRA, C. N. de. *O paradigma da sustentabilidade na seleção de materiais e componentes para edificações*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009, 197f.

RAMALHETE, P. S.; SENOS, A. M. R.; AGUIAR, C.

Digital tools for material selection in product design. *Materials and Design*, v. 31, n. 5, p. 2275-2287, 2010.

ROGERS, R.; GUMUCHDJIAN, P. 2001. *Cidades para um pequeno planeta*. Barcelona: Gustavo Gili.

SOUZA, A. D. S. 2008. *Ferramenta ASUS: Proposta preliminar para avaliação da sustentabilidade de edifícios brasileiros a partir da base conceitual da SBTOOL*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 169f.

STERNIERI, L.C.; PIMENTEL, L.L.; LINTZ, R.C.C. Análise dos benefícios gerados pela implantação de modelo de gestão de resíduos em canteiros de obras de construção civil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 50, Salvador, 2008. São Paulo: IBRACON, 2008.

YEANG, K. *El rasgacielos ecológico*. Barcelona: Gustavo Gili. 2001.

WADEL, G.; AVELLANEDA, J.; CUCHÍ, A. La sostenibilidad en la arquitectura industrializada: cerrando el ciclo de los materiales. *Informes de la Construcción*. v. 62, 517, p. 37-51, enero-marzo 2010.

Recibido 26|09|2011
Aceptado 10|11|2011



La Arquitectura en Tierra: una Alternativa para la Construcción Sostenible

Earth Architecture: an Alternative for Sustainable Construction

Gloria Zuleta Roa

Facultad de Arquitectura de la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia - email: gloriazuleta@gmail.com

RESUMEN

Palabras clave:
Arquitectura en Tierra
Sostenibilidad
Materiales Sostenibles
Construcción Sostenible

La inquietud sobre la sostenibilidad de la arquitectura hecha con tierra se convierte en el punto de partida para escribir este artículo sobre el uso de la tierra como alternativa para realizar construcciones sostenibles. Se inicia con una mirada histórica del uso de la tierra como material de construcción en el mundo y en Colombia; sus características en relación con la sostenibilidad en los procesos constructivos y finalmente su contextualización dentro de las normas que regulan la construcción.

ABSTRACT

Keywords:
Earth architecture
Sustainability
Sustainable materials
Sustainable construction

The interest on the sustainability of the architecture done with earth becomes the departure point of this article on the use of earth as an option for sustainable constructions. It begins with an historical review of the use of earth as a building material in the World and specifically in Colombia; its characteristics in relation to the sustainability of the constructive processes and finally its contextualization within the regulations that govern the building processes.

1. La tierra como material de construcción en la historia

El uso de la tierra como material de construcción ha estado presente en todos los continentes y civilizaciones, como se ha hecho evidente en los distintos hallazgos arqueológicos en África, Asia, Europa y América. En el África, una de las muestras más representativas la constituyen las grandes pirámides, hechas en adobe. Otros hallazgos como los encontrados en España datan de la edad de bronce; igualmente los árabes construyeron ciudades

enteras en tierra, con edificios de más de 30 metros de altura, como en el caso de Tombuctú en Malí, donde aún se conservan este tipo de edificaciones, como se aprecia en las figuras 1 y 2.

Igualmente en ciudades como Marrakech en Marruecos y Shibamen, en Yemen aún se encuentran evidencias de construcciones realizadas en tierra, no solo en la vivienda popular sino en la construcción de murallas, castillos, mezquitas. (Fig. 2 y 3).



Figura 1: Construcciones en tierra en Tombuctú. (<http://misviaj.es/tran32047.jpg>)

Figure 1: Constructions with earth in Tombuctú. (<http://misviaj.es/tran32047.jpg>)



Figura 2: Marrakech. (Fotografía de Darío Alvares. <http://arquitecturas.files.wordpress.com/2009/08/tombuctu.jpg>)

Figure 2: Marrakech. (Image by Darío Alvares. <http://arquitecturas.files.wordpress.com/2009/08/tombuctu.jpg>)

En el Mediterráneo, se encuentran vestigios del templo de Júpiter y la Capilla de Hércules hechos con bloques de tierra cruda secados al sol. En Europa el uso masivo de la tierra se hizo evidente en los siglos XVIII y XIX, edificaciones que perduraron aún después de la segunda guerra mundial. En América del Norte, en la ciudad Paquimé en Chihuahua, se encuentra la de construcción prehispánica en tierra más grande de este continente.

En Mesoamérica, entre 1200 AC- 300 DC, con la agricultura, especialmente con el cultivo del maíz se da inicio a las concentraciones de

población y a la construcción de grandes ciudades, la mayoría de ellas en tierra como la gran ciudad de Tenochtitlán. Civilizaciones como los Olmecas y Zapotecas construyeron pirámides de 65 metros de ancho y cinco metros altura. Otros ejemplos de esta arquitectura son la Pirámide del Sol en Teotihuacán, con una base de 225 metros y 63 metros de altura, construida con tierra pisada y recubierta con piedra.



Figura 3: Construcciones en tierra en Marrakech. (www.blogdemarruecos.com/)

Figure 3: Constructions with earth in Marrakech. (www.blogdemarruecos.com/)

Algunas de las viviendas fueron hechas con materiales livianos como la palma, el bahareque y el adobe. Para las construcciones emplearon como cimientos la piedra y los muros fueron elaborados en tierra. Los aztecas tenían construcciones de cerca de mil hectáreas, donde se encontraban no sólo viviendas, sino palacios y sitios religiosos que tuvieron como material básico la tierra. En América Andina el uso masivo de la tierra se dio por parte de los Mochicas, a lo largo del río Moche, donde erigieron las más grandes pirámides construidas en adobe: La Dacha del Sol y la Dacha de la Luna. En el siglo XI, la capital del imperio Chimú, Chan Chan fue completamente construida en adobe. Esta edificación se extendió por veinte kilómetros cuadrados y en ella se encontraban doce palacios amurallados. La Incas igualmente construyeron sus ciudades usando la tierra, un ejemplo evidente es la de Tambo Colorado, construida en adobe en forma cúbica. En centro y sur América el adobe y la tapia pisada fueron las técnicas más usadas, (Moreno, Moreno y Santiago, 2005).

En Colombia, tal como lo afirma la arquitecta Clara Eugenia Sánchez, en su ensayo *La arquitectura de tierra en Colombia, procesos y culturas constructivas* (2007), los hallazgos arqueológicos no permiten afirmar con certeza en qué momento se empieza aplicar la tierra como material de construcción. Algunos cronistas mencionan el uso de material perecedero por lo cual no se encuentran muchos vestigios de este tipo de construcciones. Sin embargo, con la llegada de los españoles, quienes ya tenían una tradición importante en el uso de la tierra como material de construcción, aparecen las primeras edificaciones que combinan los saberes ancestrales de los indígenas con el nuevo conocimiento que llega fruto de la colonización, especialmente en la zona andina, donde se empiezan a emplear técnicas como la tapia pisada, el adobe y el bahareque en la construcción. Posteriormente, en los siglos XVII y XVIII, el uso de la tapia pisada se populariza y se utiliza en la construcción de templos, viviendas y grandes haciendas. En algunos casos se combinaban técnicas como el adobe y la tapia, esta última en la construcción de edificaciones civiles y religiosas. A finales del siglo XIX y comienzos del XX el bahareque toma un importante auge especialmente para la construcción de edificaciones de varios pisos, como una alternativa sísmo resistente pues los fuertes temblores presentados en la época habían ocasionado serios daños en las construcciones hechas con tapia pisada.

Sin embargo, el uso del bahareque no excluyó totalmente la aplicación de otras técnicas, especialmente en la construcción de la arquitectura monumental. Actualmente estas técnicas tienen una aplicación específica dependiendo la zona del país donde se apliquen. La investigación realizada por la Arq. Clara Eugenia Sánchez, sobre la *Arquitectura en Tierra en Colombia*, le permitió identificar que en los altiplanos cundiboyacense, payanense y nariñense y en el macizo antioqueño predomina el uso del adobe y la tapia pisada, mientras que en las riberas de los ríos Cauca y Magdalena, predomina el uso del bahareque. Actualmente, si bien la norma sísmo-resistente, de la que se hablará posteriormente no permite el uso de la tierra como único material en las edificaciones, su combinación con otros materiales como la piedra, la guadua y las fibras de origen natural, sigue siendo parte de las construcciones artesanales y también de aquellas en las que interviene el desarrollo de la ciencia y del

conocimiento propio de la arquitectura y la ingeniería. Muestra de ello son los proyectos urbanísticos realizados en algunos municipios de Santander y de Antioquia, aparte de convertirse en material esencial para recuperación del patrimonio arquitectónico en Cepitá, departamento de Santander. Las diferencias radican fundamentalmente en el uso de la técnica empleada, donde ha prevalecido la tapia, el bloque de tierra estabilizada como en el caso de las edificaciones en Barichara y en el barrio Casa Viva, en Vegachí, Antioquia, pero también otras técnicas como la empleada para la construcción de la Casa Terracota en Villa de Leyva, donde se ha utilizado como único material y como técnica el modelado a mano, cocida en sitio.

Este breve recorrido histórico indicaría a todas luces las bondades de la tierra como material sostenible, pues es la esencia de lo que somos, es nuestra esencia que se extiende en colores y características diferentes para construir nuestros refugios, nuestros sitios de habitación.

2. La Tierra como Material para la Construcción Sostenible

El soporte de la vida humana es la tierra, de ella proviene el alimento, el resguardo, es ella materia misma para construir nuestras moradas como extensión de nuestros propios cuerpos. Pero más allá de la reflexión desde la percepción, es necesario mirarla con los parámetros de la sostenibilidad, de lo que actualmente se da en llamar construcción sostenible y materiales sostenibles para una construcción armoniosa con la naturaleza. Sería necesario entonces definir qué es una construcción sostenible y qué sería un material sostenible para reafirmar la tesis de que, siendo parte de nuestra esencia la tierra en sí, es sostenibilidad viva.

En el presente artículo se define la construcción sostenible como aquella que considera el ciclo completo de la edificación desde su fase de diseño, construcción y finalización de su vida útil, teniendo en cuenta el contexto ambiental, cultural y económico. En la fase diseño, una construcción sostenible se ocupa de generar espacios con los mejores niveles de confort y calidad de vida para sus habitantes, a partir de la utilización de energías alternativas, iluminación, ventilación y disfrute del paisaje durante el tiempo de vida útil,

además de alternativas de reaprovechamiento al final de su período. En la fase de construcción tiene especial cuidado con el uso de los materiales y la generación de residuos, buscando construir en armonía con el entorno, aprovechando los materiales existentes en la región, evitando en lo posible, la degradación ambiental. En relación con los contextos culturales y económicos, una construcción sostenible, desde el enfoque sistémico debe apoyarse en el fortalecimiento de una cultura del cuidado por el medio ambiente, una cultura fundamentada en la inclusión social, el respeto y la dignidad, teniendo en cuenta durante todo el proceso los costos ambientales que genera dicha edificación. Un material sostenible podría definirse como aquel de fácil reposición en la naturaleza, que no posee agentes químicos artificiales que pueden dañar la salud, de fácil acceso tanto por su abundancia en el entorno donde se va a realizar la construcción como por los costos económicos de su producción o extracción y totalmente reciclable.

En este caso la tierra como material de construcción es totalmente inocua, partiendo del supuesto de que no haya sido sometida a agentes contaminantes. Es reciclable en un cien por ciento si no ha sido mezclada con otro tipo de materiales que no tengan las características ya mencionadas; está prácticamente en todos los lugares donde habitan los seres humanos y por lo general todo tipo de tierra es útil, y si en algunos casos sus características no son las deseables para realizar una determinada edificación, se puede mezclar con otros elementos naturales como la paja, el yeso, la cal y diferentes tipos de plantas, (Sánchez, 2007).

La construcción con tierra requiere un bajo coste energético y como se puede usar la de la zona donde se va a construir no genera grandes gastos en transporte; si se hace una selección adecuada del terreno, no debe llevar asociada problemas como la deforestación. Además, tiene excelentes propiedades térmicas por su alta capacidad para almacenar el calor y cederlo posteriormente lo que permite mantener una temperatura confortable al interior de las edificaciones, evitando así los efectos dañinos de los cambios extremos de temperatura. Posee también importantes propiedad acústicas pues no es buena transmisora de las vibraciones sonoras, lo que convierte los muros fabricados en tierra en verdaderas barreras para evitar la contaminación acústica.

Otra propiedad que reafirmaría su sostenibilidad y que aparece como única en la naturaleza, es que no es combustible, no se descompone, no sufre daños por insectos y aunque estas características la definen como un material inerte, transpira como un ser vivo, por lo que permite regular la humedad al interior del espacio construido. Un elemento adicional que reafirma su sostenibilidad como material es su asequibilidad económica, la generación de empleo cuando se usa en procesos constructivos y por lo tanto, ingresos para sectores de la población que se ocupan de su extracción e implementación bien sea como tapia pisada, bahareque o adobe. El valor cultural de la tierra como material de construcción es de gran relevancia, pues su uso va íntimamente ligado con el saber tradicional de los habitantes del lugar, especialmente donde se emplea tradicionalmente como material de construcción. Es tan rica como material que permite un encuentro perfecto entre el saber tradicional y el científico. De una parte el saber ancestral que tienen los campesinos acostumbrados a amar la tierra y a reconocerla en su quehacer diario, tanto en la producción de su alimento como en la construcción de su vivienda y de otra la formación rigurosa obtenida en la academia.

Como se mencionaba en la reseña histórica, su uso es ancestral y las técnicas empleadas no han sufrido mayores variaciones, pues la revisión de las diferentes lecturas sobre el tema indicarían que el mayor grado de conocimiento lo que ha hecho es reafirmar la validez de las técnicas ancestrales que vienen desde el surgimiento de las primeras civilizaciones y que los nuevos aportes se hacen evidentes fundamentalmente en los diseños y en la adaptabilidad a las expresiones culturales actuales. Algunas de las técnicas empleadas son el tapial, los adobes, los bloques de tierra compactada, las bolsas de tierra, los cob¹.

De esta fuente, han construido muchos habitantes del mundo sus viviendas. Se afirma que el 30% de la población mundial habita en casas de tierra, lo cual la convierte en materia

¹ El cob: es la construcción de casas de tierra mediante una mezcla de tierra, agua y paja sin darle ninguna forma concreta. Es originaria de Gran Bretaña, aunque se hallan ejemplos por todo el mundo, y resulta especialmente adecuada en zonas lluviosas. Tomado de *Construir con tierra*, disponible en: <<http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=1389>>

prima básica para la solución de vivienda, especialmente en países del tercer mundo. El 60% de las viviendas en el Perú están construidas con tapia pisada, en algunos casos y otras en adobe. En la India, para el año 1971, el 72.2% de las construcciones estaban hechas en tierra y un porcentaje mayor se da en África, donde la mayor parte de sus viviendas, tanto urbanas como rurales la emplean como material de construcción. Igualmente sucede en países como Irán, Irak, Afganistán, Yemen del Norte y del Sur, en donde se encuentran edificaciones de más de diez pisos. China, con su enorme cantidad de habitantes la ha considerado como alternativa para facilitar el acceso a la vivienda a más de diez millones de personas. En otros países como Francia, el 15% de su población habita en viviendas construidas en tierra. (Riveros, 2007).

Todo ello habla de la sostenibilidad de la arquitectura en tierra y sin embargo, en Colombia, a pesar de su aceptación cultural, de su accesibilidad económica de sus características ambientales y de que se constituiría en una importante alternativa para atender el déficit habitacional, especialmente de viviendas de interés social, que según datos del DANE se encontraba en 1.079.000 hogares para el 2009, no ha sido posible que la normativa la considere como un recurso sostenible, lo cual dificulta de manera importante la consecución de las licencias de construcción para proyectos urbanísticos donde el material predominante sea la tierra.

Las condiciones están dadas, los profesionales de la industria de la construcción con sus proyectos han demostrado no solo la sostenibilidad sino la viabilidad de construir con tierra, la necesidad de vivienda existe, solo falta voluntad política para generar la normativa necesaria y darle cédula de ciudadanía a este material y las tecnologías con que se aplica. Es decir, aún en Colombia no se pueden adelantar proyectos urbanísticos en tierra pues no se legitima la edificación con la licencia de construcción, dada la normativa establecida en el actual código de Sismo resistencia, Decreto 926, conocido como la NSR-10.

Esta norma, recientemente expedida el 19 de marzo de 2010, aparentemente actualizó el Reglamento Técnico de Construcciones Sismo Resistentes NSR 98 y sin embargo tampoco en ella se consideró la tierra como material de construcción. La única alternativa es su uso junto con otros materiales empleados

tradicionalmente como el acero y el cemento, que no son propiamente materiales sostenibles y que llevan a dudar de la sostenibilidad de las construcciones hechas bajo estos criterios.

Agradecimientos

Este estudio es producto de la investigación “Especialización en Construcción Sostenible”, realizada en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, durante el año 2010.

Referencias Bibliográficas

- BEDOYA, C. *Construcción sostenible. Para volver al camino*. Medellín: Colegio Mayor de Antioquia, 2007.
- DINERO.COM. Construcción sostenible. 2009. Disponible en: <http://www.dinero.com/negocios/construccion-sostenible_60529.aspx>
- EL LITORAL. Casas construidas con tierra, una tecnología que sigue vigente. 2009. Disponible en: <<http://www.ellitoral.com/index.php/diarios/2007/10/12/metropolitanas/AREA-03.html>>
- FUNDACIÓN PARA LA PRESERVACIÓN, INNOVACIÓN, Y EL DESARROLLO DE LA ARQUITECTURA EN TIERRA. Urbanización Casa Viva. Proyecto piloto de vivienda de interés social en bloque de tierra. Ficha básica. 2007. Disponible en: <www.fundaciontierraviva.org>
- GARRIDO L. Ecología y bioclimática: Arquitectura sostenible. 2006. Disponible en: <<http://noticias.arq.com.mx/Detalles/8642.html>>
- MORENO R; MORENO J., SANTIAGO, B. *Memorias Taller de Arquitectura en Tierra*. Barichara: Documento presentado en el Taller de Arquitectura en Tierra, No publicado.
- RIVEROS, S. El uso masivo de la tierra como material de construcción. *Apuntes Universidad Javeriana*, v. 20, n. 2, p. 354-363, 2007. Disponible en <<http://revistas.javeriana.edu.co/sitio/apuntes/file.php?table=articulos&field=pdf&id=220&PHPSESSID=20d396daa567c2eab31e2059c7801a07,extraida el 10 de agosto de 2009>>
- SÁNCHEZ, C. La arquitectura de tierra en Colombia: procesos y culturas constructivas. *Apuntes Universidad Javeriana*, v. 20, n. 2, 2007, Disponible en: <http://revistas.javeriana.edu.co>
- VEGACHI. *Página web oficial*. 2010. Disponible en <http://vegachi-antioquia.gov.co/index.shtml>
- WORLD HÁBITAT AWARDS. *Programa de techos de tierra en el Sahel*. 2009. Disponible en, <<http://www.worldhabitatawards.org>>



A questão da durabilidade das edificações unifamiliares em tora de eucalipto no Espírito Santo: proposta de melhorias no sistema construtivo a partir de detalhamento na fase de projeto

The question of durability of single-family dwellings in eucalyptus logs in Espírito Santo, proposing improvements in the building system from the detail phase of the design process.

Emanuella Sossai Altoé ^(a); Cristina Engel de Alvarez ^(b)

^(a) *Doutoranda, Universidad del Bio Bio, Chile. E-mail: manualtoe@hotmail.com*

^(b) *Laboratório de Planejamento e Projetos – Centro de Artes – Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil. E-mail: cristinaengel@pq.cnpq.br*

RESUMO

Palavras chave:
Arquitetura espírito-santense
Eucalipto
Técnicas construtivas
Durabilidade

A preocupação com a preservação do meio ambiente incentiva pesquisas que buscam conscientizar os profissionais da construção civil sobre a importância de considerar, na escolha dos materiais e sistemas construtivos, o conhecimento da cadeia produtiva dos mesmos. O *objetivo* desse trabalho é apresentar os resultados da análise em relação à durabilidade de residências em toras de eucalipto construídas por empresas de diferentes linhas de produção (industrial e artesanal) no Estado do Espírito Santo, visando estabelecer diretrizes projetuais adequadas às peculiaridades do material e aos condicionantes locais como forma de contribuição para a redução de preservativos e ampliação da vida útil da edificação. O *método* empregado foi estabelecido a partir das seguintes etapas: 1. Fundamentação conceitual; 2. Reconhecimento de edificações em toras de eucalipto no Estado; 3. Determinação das amostras; 4. Levantamento preliminar de dados in loco; 5. Adequação dos instrumentos de pesquisa; 6. Coleta final dos dados; 7. Diagnóstico; e 8: proposta final. Como principal *resultado*, pode-se concluir que o padrão tecnológico utilizado pelas empresas avaliadas é considerado como bom, porém necessita de aprimoramentos nas soluções construtivas, principalmente, na fase de projeto, e que isso ocorre devido à inexistência de um detalhamento construtivo padrão.

ABSTRACT

Keywords:
Espírito-santense architecture

The environmental problem encourages researches to make the building sector professionals more aware of the importance of

Eucalyptus
Constructive techniques
Durability

considering the materials choices and constructive systems as well as their productive chain. The *objective* of this research is to present the results of an analysis on durability of houses of eucalyptus logs built by companies which use different production lines (industrial and craft) in the state of Espírito Santo – Brazil, aiming to establish suitable project guidelines to the material peculiarities and to the local conditions. It is a way to contribute to the preservatives reduction and to the extending of buildings useful life. The *methodology* considered the following steps: 1. Conceptual reasons; 2. Recognition of eucalyptus log buildings in the state; 3. Samples determination; 4. In site preliminary data survey; 5. Research tools adequacy; 6. Final data collection; 7. Diagnosis and 8. Design proposal. The *conclusions* stress out that the technological standard used by the companies which were evaluated, was considered as good quality, but there is a need for improvement in constructive solutions, mainly during the project phase, which occurs due to a lack of a constructive detail pattern.

1. Introdução

Atualmente, os movimentos ambientalistas e a conscientização popular sobre a finitude dos recursos naturais pressionam para que as atividades na construção civil adotem soluções e critérios construtivos menos impactantes, que garantam o manejo e o uso das edificações com bases conceituais alicerçadas nos princípios da sustentabilidade.

A utilização da madeira na construção civil é defendida nos países mais industrializados devido à economia representada pela sua fácil manipulação, que independe de processos industriais sofisticados (como os exigidos pelo concreto e o aço), e permite a racionalização do consumo de energia, mesmo sendo esses países os detentores das técnicas mais avançadas no emprego do cimento e dos metais (Partel, 1999).

Do ponto de vista econômico, a redução da disponibilidade de espécies tradicionalmente utilizadas, o preço alto das madeiras nativas, juntamente com a pressão ecológica, levou à utilização de recursos florestais renováveis na construção civil, como a madeira de reflorestamento, especificamente o eucalipto (Shimbo e Ino, 1997).

Mesmo com as qualidades ambientais, econômicas e as vantagens construtivas (qualidade plástica, versatilidade, fonte renovável, etc.), a madeira é um produto questionado em relação à durabilidade, ou seja, a capacidade de manter ao longo do tempo o correto desempenho em atender às necessidades dos usuários, quando exposto as condições normais de uso

(Jhon e Sato, 2000). Isso ocorre principalmente devido ao desconhecimento ou negligência por parte dos profissionais que a adotam como material construtivo, constituindo um risco ao aparecimento de patologias e conseqüente deterioração da edificação (Magalhães e Chahud, 2006).

Considerando que o Estado do Espírito Santo está em crescente evolução no cultivo e utilização do eucalipto na construção civil, a pesquisa em questão justifica-se por incentivar o uso da madeira como material construtivo, através da indicação de soluções projetuais que podem aumentar a durabilidade da edificação e, conseqüentemente, manter a competitividade da madeira com os materiais construtivos convencionais.

2. Objetivo

Este artigo refere-se à apresentação sucinta dos principais resultados obtidos na pesquisa que culminou na dissertação de mestrado intitulada como “Diretrizes projetais para edificações unifamiliares em toras de eucalipto no Espírito Santo” (Altoé, 2009), desenvolvida junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Espírito Santo. O principal objetivo da pesquisa foi avaliar os aspectos que interferem na durabilidade de residências em toras de eucalipto, construídas por empresas de diferentes linhas de produção (industrial e artesanal) no Espírito Santo, e propor recursos nos aspectos negativos identificados como passíveis de solução, através do detalhamento na fase de projeto.

3. Método Empregado

O método de pesquisa foi estabelecido a partir das seguintes etapas: 1. Fundamentação conceitual; 2. Reconhecimento de edificações em toras de eucalipto no Estado; 3. Determinação das amostras; 4. Levantamento preliminar de dados in loco; 5. Adequação dos instrumentos de pesquisa; 6. Coleta final dos dados; 7. Diagnóstico; e 8. Proposta projetual.

A fundamentação conceitual incentivou a busca por um método de avaliação da durabilidade visando à proposta de diretrizes de projeto e induziu ao desenvolvimento de processos metodológicos que comprovassem os resultados. Sendo assim, a estratégia adotada foi o desenvolvimento de roteiros para a pesquisa baseados na delimitação dos aspectos a serem investigados relacionados com as exigências dos usuários compatíveis com a avaliação da durabilidade, o sistema construtivo e os subsistemas, com os indicadores de degradação (Tabela 1).

O ponto de partida para a definição da amostra para o estudo foi conhecer a utilização do eucalipto em construções no Estado e, para isso, foi realizado o levantamento das primeiras edificações executadas nesse sistema construtivo. Como foi encontrada pouca bibliografia e documentação específica, optou-se por iniciar os estudos através da relação com o desenvolvimento de cultivo da espécie na região, e de entrevistas com as empresas e os profissionais da área.

Nessa etapa além de identificar as construções mais significativas e com maior tempo de uso, buscou-se realizar uma prévia avaliação dos aspectos evolutivos das mesmas.

Num primeiro momento, em função de o estudo buscar abranger todo o Estado do Espírito Santo, adotou-se por instrumento de trabalho a consulta às Prefeituras Municipais, visto serem estas as detentoras dos conhecimentos locais. É importante ressaltar que esse levantamento trouxe pouca contribuição, destacando somente a Prefeitura Municipal de Ecoporanga, cuja disponibilização dos dados contribuiu com os objetivos da pesquisa (Altoé, 2009).

Embora se acredite na existência de edificações em eucalipto construídas de maneira informal anteriormente ao ano de 1991, devido principalmente à carência de pesquisas e de registros históricos, não foi encontrado nenhum exemplar nos locais investigados construídos em

períodos anteriores ao mencionado. Dessa forma, o leque de indivíduos tornou-se restrito e o aspecto da análise temporal prejudicado. Além disso, existe o fato de que algumas edificações encontradas são carentes em documentos e projetos necessários para análise de execuções e intervenções posteriores (Altoé, 2009).

Após esse levantamento foi realizada a investigação sobre a comercialização de edificações em madeira com toras empilhadas (*log home*) no Espírito Santo, que resultou na escolha das duas empresas mais significativas para o estudo, considerando a intenção de analisar as diferenças entre o método artesanal e a linha industrial de produção.

A definição inicial dos indivíduos para análise ocorreu junto às empresas, baseado nos requisitos previamente definidos, que foram: a forma de execução; a disponibilidade de dados e informações documentadas (Paoliello, 2005); a acessibilidade aos profissionais envolvidos na concepção da edificação e aos usuários; e o tempo de uso suficiente para o aparecimento de patologias, ou seja, ao menos cinco anos (Campos, 2002). Sendo assim, realizou-se uma visita preliminar a nove edificações.

Para a realização da visita preliminar, entrou-se em contato com os proprietários das residências visando obter a liberação para o desenvolvimento da avaliação em seus imóveis. Devido à dificuldade de compatibilidade de horários e até mesmo de desconfiança do proprietário em relação ao objetivo da pesquisa, alguns usuários permitiram somente a primeira visita, com isso, a amostragem foi reduzida para 03 edificações de cada empresa (figura 1).

A coleta de dados foi desenvolvida através da pesquisa de campo - observação direta das edificações na fase de uso, com ênfase na avaliação física das mesmas por meio da análise dos aspectos construtivos (tabela 2) e das atividades de manutenção observadas a partir de um roteiro previamente definido, de acordo com a revisão bibliográfica; e de entrevistas dirigidas, com os usuários e as empresas responsáveis pela execução, visando complementar as informações necessárias para a análise (tabela 3) e para a posterior etapa de proposição de recomendações para a fase de projeto.

Cabe ressaltar que para a obtenção dos resultados com fidedignidade e válidos para análise, foi necessário um pré-teste (roteiro piloto), realizado em duas residências, com o

objetivo de enumerar possíveis falhas, inconsistência ou complexidade das questões, ambigüidade ou linguagem inacessível, bem como perguntas supérfluas (Lakatos; Marconi, 1991).

Em relação ao método de análise utilizado, é importante destacar:

- Todos os moradores são proprietários das residências e as utilizam somente nos finais de semana e feriados, permanecendo pouco tempo no local, o que foi essencial para a verificação dos dados com um mesmo grau de conhecimento em relação à utilização, manuseio e situação atual

das edificações;

- Observou-se que a maioria dos proprietários não conhece as propriedades técnicas da madeira e a escolha do material ocorreu pelo apelo estético, fato que influenciou na resposta de alguns itens da pesquisa;

- Constatou-se que o reduzido número de edificações existentes no Estado interferiu na obtenção de dados conclusivos mais eficazes, sendo também observada a importância da realização de ensaios em laboratórios específicos que avaliem a situação interna das peças de madeira.

Tabela 1: Subsistemas construtivos relacionados com as exigências dos usuários e desempenho requerido, desenvolvido a partir de Arakaki (2000).

Table 1: Subsystems related to the construction requirements of users and required performance, developed from Arakaki (2000).

| SUBSISTEMA | EXIGÊNCIA DO USUÁRIO | DESEMPENHO REQUERIDO |
|------------|------------------------|---|
| Fundação | Segurança estrutural | Resistir às cargas de serviço sem romper ou deformar |
| | Estanqueidade | Impedir a passagem de unidade do solo para a edificação |
| | Durabilidade | Resistir às infestações por ataque biológico |
| Estrutura | Segurança estrutural | Apresentar estabilidade estrutural |
| | Durabilidade | Resistir às infestações por ataque biológico e intempérie |
| | Segurança ao fogo | Prevenir a propagação do fogo |
| Vedação | Segurança estrutural | Resistir às cargas de serviço sem romper ou deformar |
| | Estanqueidade | Impedir a passagem de água, poeira ou pequenos animais |
| | Durabilidade | Resistir às infestações por ataque biológico |
| Esquadria | Segurança ao fogo | Prevenir a propagação do fogo |
| | Segurança estrutural | Resistir às cargas de serviço, manuseio e advindas da estrutura |
| | Segurança à utilização | Controlar a entrada e saída de pessoas e animais |
| Cobertura | Durabilidade | Resistir às infestações por ataque biológico |
| | Estanqueidade | Ser estanque a água da chuva quando totalmente fechada |
| | Segurança estrutural | Resistir à sobrecarga |



Residência 01, EMPRESA A



Residência 02, EMPRESA A



Residência 03, EMPRESA A



Residência 01, EMPRESA B



Residência 02, EMPRESA B



Residência 03, EMPRESA B

Figura 1: Amostragem selecionada para análise (elaboração própria)
Figure 1: Sample selected for analysis

4. Resultados

Dentre os resultados obtidos em relação ao objetivo da pesquisa, destacam-se:

- O fácil acesso as empresas possibilitou averiguar as diferenças nas linhas de produção utilizadas por cada uma, sendo ainda perceptível que ambas possuem domínio e experiência no assunto e, conseqüentemente, evoluem as técnicas construtivas de acordo com as obras executadas;

- A EMPRESA A utilizou, em algumas edificações, espécie de eucalipto considerada até o momento da pesquisa, inadequada para a construção civil – *eucalipto ssp*, visto que o mesmo não apresenta características físicas e mecânicas necessárias para o uso em questão devido a falta de cultivo de plantas direcionadas para edificações na região. Cabe ressaltar que, atualmente, estão em desenvolvimento pesquisas que visam a adaptação dos sistemas construtivos às características dessas espécies, para que assim, as mesmas possam ser utilizadas na construção civil.

- As peças de madeira das duas empresas passam pelo tratamento preservativo em autoclave, sob a ação do produto CCA (Cromo-Cobre-Arsênio) e são secas ao ar livre. A EMPRESA A terceiriza o desenvolvimento dessa etapa, enquanto a EMPRESA B efetua todos os processos provenientes da cadeia produtiva de uma edificação em madeira. É importante citar que, até o momento, as empresas não buscam a substituição do CCA por um produto menos agressivos ao meio ambiente;

- A inacessibilidade aos projetos das residências executadas pela EMPRESA A, foi um fator de grande importância para o desenvolvimento da pesquisa, fazendo com que o projeto não fosse julgado e, assim, não obtivesse dados para a análise final da empresa;

- Os projetos da EMPRESA B foram considerados como completos, pois são compostos por dados básicos para a execução da habitação em madeira, mas verificou-se a necessidade de desenvolvimento de detalhes importantes para auxiliar na durabilidade da edificação, tais como: afastamento dos pilares em madeira em relação ao jardim, ligação entre a estrutura de madeira e a vedação vertical em alvenaria, pingadeiras nas esquadrias, etc.;

- O *stain* é o produto utilizado para acabamento das peças de madeira pelas

empresas, visto que é considerado de fácil manutenção, quando comparado às tintas e vernizes, pois, devido à inexistência de película, o revestimento não descasca quando exposto à ação do sol e da chuva.

4.1. Principais problemas encontrados

Com o objetivo de facilitar a compreensão dos problemas identificados e a sua ligação com a solução proposta, a seguir são apresentadas: a descrição do problema, a residência possuidora do mesmo, as possíveis causas, a respectiva diretriz projetual e os procedimentos de manutenção.

4.1.1. Problema 1 – acúmulo de umidade na parte inferior das janelas, residência 3B

- Possíveis causas: a. Detalhes construtivos: o projeto não apresenta solução construtiva para esquadrias; b. Execução: falta de instalação da pingadeira.

- Solução: instalação de peitoril com pingadeira (figura na tabela 2), e como alternativa para minimizar o problema existente, pode-se colocar uma chapa de alumínio nos pontos de infiltração. Segundo Oliveira (2003) o ideal é que todo o perímetro da esquadria seja vedado com silicone.

Tabela 2: Problema 1 – Residências 03B

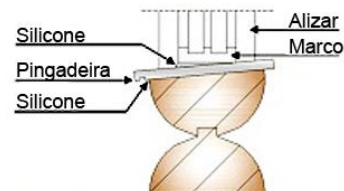
Table 2: Problem 1 – Residences 03B

POSSÍVEIS CAUSAS:

1. Problemas nas soluções de projeto (detalhes construtivos): o projeto não apresenta solução construtiva para esquadrias.
2. Problemas na execução: falta de instalação de pingadeira.

SOLUÇÃO:

Instalação de peitoril com pingadeira, e como alternativa para minimizar o problema existente, pode-se colocar uma chapa de alumínio nos pontos de infiltração.



Detalhe de instalação de peitoril. Fonte: Oliveira (2003)

Segundo Oliveira (2003) o ideal é que a pingadeira seja inclinada para evitar o acúmulo de água nessa região e uma conseqüente infiltração, e que todo o perímetro da esquadria seja vedado com silicone.

4.1.2. Problema 2 – fresta no encontro madeira e alvenaria, residências 2A e 1B

- Possíveis causas: a. Detalhes construtivos: o projeto não apresenta solução construtiva para a união de dois materiais diferentes; b. Falta de comunicação entre executor e projetista.

- Solução: a ligação da madeira com outro tipo de material, como a alvenaria de vedação, é considerado como ponto crítico no correto desempenho da edificação. No caso da residência 1B, é possível identificar que o projeto especifica detalhadamente esse encontro de materiais, porém na avaliação técnica foram observadas inúmeras frestas internas aparentando um “descolamento” entre a estrutura e a vedação, fato que causa desconforto visual em relação aos conceitos estéticos. Já a residência 2A não possui projeto específico para a construção em madeira. As figuras nas tabelas 3 e IV apresentam as propostas desenvolvidas para solucionar o problema detectado.

Tabela 3: Problema 2 – Residências 02A e 01B

Table 3: Problem 2 – Residences 02A e 01B

POSSÍVEIS CAUSAS:

1. Problemas nas soluções de projeto (detalhes construtivos): o projeto não apresenta solução construtiva para a união de dois materiais diferentes.
2. Problemas na execução: falta de comunicação entre executor e projetista.

SOLUÇÃO:

A ligação da madeira com outro tipo de material, como a alvenaria de vedação, é considerado como ponto crítico no correto desempenho da edificação. No caso da residência 01B, é possível identificar que o projeto especifica detalhadamente esse encontro de materiais, porém na avaliação técnica foram observadas inúmeras frestas internas aparentando um “descolamento” entre a estrutura e a vedação, fato que causa desconforto visual em relação aos conceitos estéticos. Já a residência 02A não possui projeto específico para a construção em madeira. As figuras apresentam as propostas desenvolvidas para solucionar o problema detectado.



Ligação entre estrutura e alvenaria com prego galvanizado

Ligação entre estrutura e alvenaria com tela de fixação

4.1.3 Problema 3 - dificuldade dos usuários na manutenção, residências: 1A, 2A, 3A, 1B, 2B e 3B

- Possíveis causas: a. Planejamento: inexistência do manual de uso e manutenção.

- Solução: durante a pesquisa foi possível observar que a maioria dos usuários não conhece as particularidades técnicas da madeira e que a escolha do material ocorreu, principalmente, pelo apelo estético, e mostraram-se insatisfeitos por não saber “lidar” com esse tipo de material. Para evitar essa situação, Ino (1997) recomenda a adoção de manuais de conservação para assegurar a correta utilização da edificação, pois usuários desinformados ocasionam usos inadequados, sendo esse um fato que colabora com a diminuição da durabilidade da edificação.

Tabela 4: Problema 3 – Residências 01A, 02A, 03A, 01B, 02B e 03B

Table 4: Problem 3 – Residences 01A, 02A, 03A, 01B, 02B e 03B

POSSÍVEIS CAUSAS:

Problemas no planejamento: inexistência do manual de uso e manutenção

SOLUÇÃO:

Durante a pesquisa observou-se que a maioria dos usuários não conhece as particularidades técnicas de madeira e que a escolha do material ocorreu, principalmente pelo apelo estético. Assim, constatou-se que alguns proprietários desconhecem os procedimentos e a frequência de manutenção exigida pela construção em madeira e mostraram-se insatisfeitos por não saber “lidar” com esse tipo de material. Para evitar essa situação, Ino (1997) recomenda a adoção de manuais de conservação para assegurar a correta utilização da edificação, pois usuários desinformados ocasionam usos inadequados, sendo esse um fato que colabora com a diminuição da durabilidade da edificação.

4.1.4. Problema 4 – pilar com indícios de degradação na base, residências: 3A, 1B e 3B

- Possíveis causas: a. Detalhes construtivos: o projeto arquitetônico não prevê qualquer afastamento entre a peça de madeira e o piso; b. Execução: inexistência de afastamento do pilar em relação ao piso; c. Ausência de acabamentos que garantam maior proteção da peça; d. Manutenção: ausência de manutenção periódica e repintura; e. Falta de retirada da água acumulada na base dos pilares.

- Solução: para Campos (2002) o detalhe construtivo deve evitar o contato direto entre a

madeira e a base de apoio, para que não ocorra a ação capilar e previna o ataque da madeira em relação aos insetos (figura na tabela 5).

Tabela 5: Problema 4 - Residências 03A, 01B e 03B

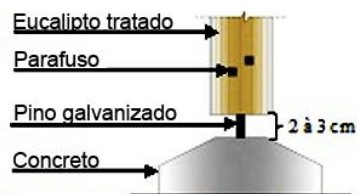
Table 5: Problem 4 – Residences 03A, 01B e 03B

POSSÍVEIS CAUSAS:

1. Problemas nas soluções de projeto (detalhes construtivos): o projeto arquitetônico não prevê qualquer afastamento entre a peça de madeira e o piso.
2. Problemas na execução: inexistência de afastamento do pilar em relação ao piso; ausência de acabamentos que garantam maior proteção da peça.
3. Problemas na manutenção: ausência de manutenção periódica e repintura; falta de retirada de água acumulada na base dos pilares.

SOLUÇÃO:

Para Campos (2002) o detalhe construtivo deve evitar o contato direto entre a madeira e a base de apoio, para que não ocorra a ação capilar e previna o ataque de madeira em relação aos insetos.



Detalhe construtivo de afastamento do pilar da base de concreto. Fonte: Ino (1997)

4.1.5. Problema 5 – peças de madeira com frestas, residências: 1A, 2A, 3A, 1B, 2B E 3B

- Possíveis causas: a. Planejamento: inexistência de um planejamento, em relação ao manuseio das toras, com medidas que minimizem o aparecimento das rachaduras de topo.

- Solução: Segundo a Revista da Madeira (2001) esse tipo de defeito é decorrente, principalmente, das tensões internas que se manifestam após a derrubada da árvore e ocorrem com maior intensidade nas mais jovens e diminuem consideravelmente com seu amadurecimento. Além disso, fatores como o tempo de permanência da mesma no pátio após o corte e o tipo de secagem utilizado também interferem no aparecimento das rachaduras, visto que, quanto mais tempo a tora permanecer no pátio, piores são as conseqüências das tensões de crescimento. Há um consenso entre os autores consultados de que o ideal é que a tora seja transportada para a serraria logo após o desbaste, sendo ainda recomendada a aplicação

de impermeabilizantes, como a parafina, nas extremidades das mesmas.

Em relação ao tipo de secagem Jankowsky (1986) cita que “quando uma tora é armazenada ao ar, ou seja, exposta às condições de ambiente e sem proteção dos raios solares, ela imediatamente entra em processo de secagem, e principalmente os topos chegam dentro de pouco tempo a teores de umidade abaixo do ponto de saturação das fibras. Iniciam-se nesse momento as retrações da parte externa mais seca, e como a parte interna da tora ainda está com alto teor de umidade e não acompanha essa retração, surgem tensões internas, tornando-se superior à resistência da madeira e provocam o aparecimento das rachaduras”. Sendo assim, quando comparado ao sistema de secagem com imersão e aspersão, apresenta uma diferença significativa no aparecimento das rachaduras, sendo esse em maior quantidade.

Em relação às empresas entrevistadas, não se tem conhecimento dos procedimentos utilizados antes da industrialização das peças, mas, sabe-se que o sistema de secagem usado é ao ar livre, fato que possivelmente justifica o aparecimento das rachaduras. Cabe ressaltar que, caso os cuidados citados não sejam realizados, existe a possibilidade de instalação da chapa metálica (*gan nail*) no topo da peça, durante o seu preparo, para que não ocorram mais frestas.

Estuqui Filho (2006) cita que para manter a fresta fechada usa-se preenchê-la com uma mistura da própria serragem da madeira de eucalipto. E para impedir que as aberturas se alastrem deve-se instalar uma peça de união metálica em forma de “C” ou “S” e parafusos ao longo da tora (figuras na tabelas 6, 7 e 8). Esses elementos metálicos usados na reparação são calculados para uma determinada pressão de serviço entre a madeira e os parafusos e esses são importantes, pois protegem contra a penetração de água nas fendas expostas e em caso de impactos, esses se concentram nos elementos isolados em vez de ser absorvidos pelo conjunto da obra. Em relação às espécies de eucalipto utilizadas Oliveira e Hellmeister (1998) citam que o *E. Citriodora* pode ter função estrutural por possuir excelente valor anisotrópico.

Em relação aos pontos positivos observados, pode-se destacar:

- Espécie adequada ao uso (residências 1A, 2A, 3A, 1B, 2B e 3B);

- Tratamento preservativo em autoclave (residências 1A, 2A, 3A, 1B, 2B e 3B);
- Ausência de peças de madeira em ambientes com possíveis fontes de calor (residências 1A, 1B e 3B);
- Ausência de peças de madeira em ambientes úmidos (residências 1A, 2A, 3A e 2B);
- Afastamento das peças de madeira do solo (residências 1A, 2A, 3A, 1B, 2B e 3B);
- Prote o das esquadrias (residência 2A);
- Sistema de drenagem na cobertura (residências 1A, 2A e 2B).

Tabela 6: Problema 5 - Residências 01A, 02A, 03A, 01B, 02B e 03B**Table 6:** Problem 5 – Residences 01A, 02A, 03A, 01B, 02B e 03B**POSSÍVEIS CAUSAS:**

1. Problemas no planejamento: em rela o manuseio das obras, com medidas que minimizem o aparecimento de rachaduras de topo.

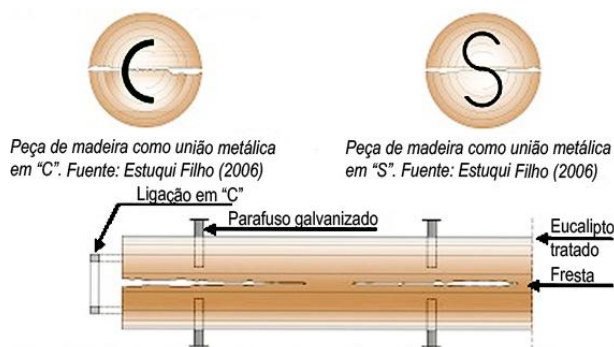
SOLUÇO:

Segundo a Revista de Madeira (2001) esse tipo de defeito é decorrente, principalmente, das tensões internas que se manifestam após a derrubada da árvore e ocorrem com maior intensidade nas mais jovens e diminuem consideravelmente com seu amadurecimento. Além da idade da árvore, fatores como o tempo de permanência da mesma no pátio após o corte e o tipo de secagem utilizado também interferem no aparecimento das rachaduras, visto que, quanto mais tempo a tora permanecer no pátio, piores são as consequências das tensões de crescimento. Há um consenso entre os autores consultados de que o ideal é que a tora seja transportada para a serraria logo após o desbaste, sendo ainda recomendada aplica o de impermeabilizantes nas extremidades das toras, como a parafina, por exemplo.

Sendo assim, quando comparado ao sistema de secagem com imersão e aspersão, apresenta uma diferença significativa no aparecimento das rachaduras, sendo esse em maior quantidade.

Em rela o às empresas entrevistadas, não tem-se conhecimento dos procedimentos utilizados antes da industrializa o das peças, mas, sabe-se que o sistema de secagem usado é ao ar livre, fato que possivelmente justifica o aparecimento das rachaduras.

Cabe ressaltar que, caso os cuidados citados não sejam realizados, existe a possibilidade de instala o de chapa metálica (*gan nail*) no topo de peça, durante o seu preparo, para que não ocorram mais frestas. Estuqui Filho (2006) cita que para manter a fresta fechada usa-se preenchê-la com uma mistura d  própria serragem da madeira de eucalipto. E para impedir que as aberturas se alastrem deve-se instalar uma peça de união metálica em forma de “C” ou “S” e parafusos ao longo da tora.



Exemplo de instala o de parafuso ao longo da peça de madeira. Fonte: Estuqui Filho (2006)

Segundo Estuqui Filho (2006), esses elementos metálicos usados na repara o são calculados para uma determinada pressão de serviço entre a madeira e os parafusos, sendo importantes por protegem contra a penetra o de águas nas fendas expostas e, em caso de impactos, esses se concentram nos elementos isolados em vez de serem absorvidos pelo conjunto da obra.

Tabela 7: Pontos Positivos Identificados Nas Residências Avaliadas
Table 7: Positive points identified in Rated Homes.

Espécie adequada ao uso (residências 01A, 02A, 03A, 01B, 02B e 03B)

A etapa de indicação de o material á ser utilizado é de extrema importância para o correto desempenho da edificação, visto que esse deve satisfazer as condições estéticas e estruturais, de execução, de disponibilidade, e custo e de durabilidade natural em relação só uso previsto (Benevente,1995).

Tratamento preservativo em autoclave (residências 01A, 02A, 03A, 01B, 02B e 03B)

As empresas analisadas utilizam o produto químico CCA e o sistema de tratamento em autoclave que, segundo Ino (1997) permite uma impregnação profunda da peça de madeira permeável e um maior controle do preservativo absorvido, proporcionando uma proteção mais eficaz e econômica em relação ao produto. Diante dos impactos ambientais diretos e indiretos causados pelo uso do CCA, novas tecnologias estão sendo desenvolvido a partir da utilização de recursos renováveis, de baixo impacto ambiental, d baixo consumo energético, e avaliando a possibilidade de fixação de carbono e a durabilidade dos produtos utilizados (Stumpp, 2007). Dentre os produtos testados o autor cita os óleos de mamona e os silicatos de potássio.

Ausência de Peças de madeira em ambientes com possíveis fontes de calor (residências 01A, 01B e 03B)

O fato de não utilizar peças de madeira em ambientes com possíveis fontes de calor permite que a edificação aumente a fator de segurança em relação ao risco de incêndio e, na eventual ocorrência, que tenha uma maior possibilidade de controle da expansão da fogo.

Ausência de Peças de madeira em ambientes úmidos (residências 01A, 02A, 03A, e 02B)

Locais com umidade permanente, como os banheiros, facilitamo ataque da madeira por agentes de gradadores, dessa forma, recomenda-se especial atenção nesse ambientes e o estudo de viabilidade de mescla de materiais – como a alvenaria, por exemplo – ao sistema de toras de madeira.

Afastamento das Peças de madeira de solo (residências 01A, 02A, 03A, 01B, 02B e 03B)

É necessária a elaboração de detalhes construtivos que considerem os problemas patológicos do material utilizado oriundos das características do local, como a umidade do solo, a ação das chuvas, a eficiência do sistema de drenagem, etc. Para isso, sempre que possível deve-se adotar o afastamento da peça de madeira do contato com o solo, visto que essa é a mais tradicional e necessária medida para se impedir a ação capilar, ou seja, a transferência da água do local mais úmido para o mais seco (Cruzeiro, 1998).

Á esquerda a edificação está locada sobre uma caixa de bloco de concreto, a qual possibilita uma distância de aproximadamente 40 cm do solo; ao centro, exemplo de afastamento através da criação de um vigamento em pedra para posterior apoio das peças de madeira; e à direita o vigamento foi executado em concreto e revestido por cerâmica.



Possíveis medidas construtivas para afastar as peças de madeira do solo

Proteção das esquadrias (residências 02A)

As esquadrias são locais propícios ao acúmulo de água quando expostos a ação da chuva. Sendo assim, a sua proteção torna-se medida desejável para o bom desempenho do subsistema.



Proteção das janelas com coberturas exclusivas

Sistema de drenagem na cobertura (residências 01A, 02A, e 02B)

A utilização de dispositivos para a captação da água de chuva, como calhas e rufos, auxilio no correto desempenho do subsistema (cobertura) e facilita a proteção das peças de madeira que o compõe em relação ao acúmulo de umidade.



Sistema de drenagem de águas pluviais utilizados em algumas residências avaliadas

5. Considerações Finais

É importante ressaltar que a pesquisa desenvolvida teve como objetivo principal avaliar os aspectos que interferem na durabilidade das construções em *log home*, a partir dos condicionantes disponíveis, mesmo não sendo possível a realização de experimentos ou ensaios laboratoriais. Tendo como principais instrumentos a observação sistematizada e a avaliação junto aos usuários e produtores, os resultados alcançados foram satisfatórios, sendo possível afirmar que o padrão tecnológico utilizado pelas empresas avaliadas é adequado, embora seja desejável que a escolha da espécie de eucalipto a ser utilizada seja mais criteriosa, ou que o sistema construtivo utilizado seja adequado à espécie de uso, assim como o aprimoramento nas soluções construtivas. Destaca-se que tais medidas podem contribuir não somente com o aumento da vida útil da edificação em madeira, mas, também, na redução de impactos com a menor necessidade no uso de preservativos químicos.

Durante a avaliação dos dados coletados observou-se a inexistência de um detalhamento construtivo padrão, e que nem sempre contemplam as questões relacionadas à ampliação da vida útil ou a redução da necessidade de manutenção. Observa-se também que as propostas desenvolvidas como resultado da pesquisa só contribuirá significativamente no produto final - a casa - se as empresas complementarem seus sistemas de produção, iniciando com a escolha de espécies adequadas, cuidados na derrubada e, por fim, no aprimoramento da etapa de projeto. É fundamental para a efetiva melhoria do sistema, que seja realizado o controle da qualidade durante a fase de construção, acompanhamento no uso e manutenção e, especialmente, no monitoramento dos resultados alcançados ao longo do tempo.

Cabe ressaltar que com o levantamento realizado, pode-se verificar que os dados disponíveis sobre as edificações em madeira no Espírito Santo são poucos, se comparadas às construções em alvenaria ou em concreto, e que atualmente, o número de pesquisas em relação à construção em eucalipto aumentou, exigindo a organização das informações para o estabelecimento de um patamar inicial de dados visando promover e incentivar o desenvolvimento técnico nesse setor construtivo.

Observou-se também que a evolução das técnicas não está correlacionada à popularização

do eucalipto como material construtivo sendo importante um trabalho de divulgação sobre as vantagens no uso da madeira de reflorestamento, tanto pelos aspectos técnicos como, principalmente, pelo apelo ambiental inerente ao material.

Agradecimientos

Este estudo foi realizado como parte de um Doutorado em Arquitectura y Urbanismo da Universidad del Bío – Bío, Concepción, Chile.

Referências Bibliográficas

AGUILERA, C. G. “Uma contribuição para a formulação de diretrizes para elaboração do manual do usuário de edifícios”. Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Construção Civil do Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, 2005.

ALTOÉ, E. S. “Diretrizes projetuais para edificações unifamiliares em toras de eucalipto no Espírito Santo”. Universidade Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2009.

ARAKAKI, E. M. “Avaliação de Durabilidade em sistema construtivo pré-fabricado com madeira de rejeito comercial”. Universidade Federal de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia do Ambiente Construído, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Manual de operação, uso e manutenção das edificações – conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação. NBR 14.037: Rio de Janeiro, 1998.

CAMPOS, J. A. O. “Método para avaliação da durabilidade e da reabilitação da madeira de estruturas em serviço”. Faculdade de Engenharia de São Carlos, São Carlos, Programa de Pós-Graduação na Área Interunidades, 2002.

ESTUQUI FILHO, C. A. “A durabilidade da Madeira na arquitetura sob a ação dos fatores naturais: estudo de casos em Brasília”. Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, 2006.

INO, A. “Princípios básicos para garantir a durabilidade de uma construção em madeira”. In: *Workshop Durabilidade das Construções*, (São Leopoldo, 1997), P. 1-8.

INO, A. et al. “Construção em toras de eucalipto: experiência de construção de unidades de alojamento na Reserva Florestal da Companhia Vale do Rio Doce”. In: *Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira*, (São Carlos/ São Paulo, 1992), P. 143-162.

INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. Critérios mínimos de desempenho de habitações térreas de interesse social. São Paulo, 1998.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Performance standards in building: principles for their preparation and factors to be considered. ISO 6241: Geneve, 1984.

JANKOWSKY, I. P. *Prevenção e controle das rachaduras de topo em tora de eucalyptus grandis*. 1986. Disponível em: www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr33/cap05.pdf.

JOHN, V. M.; SATO, N. M. N. "Durabilidade de componentes da construção". Em: COLETÂNEA HABITARE: *Construção e Meio Ambiente*, p. 20-57.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. *Fundamentos de metodologia científica*. Editora Atlas, São Paulo: 1991.

MAGALHÃES, A. M.; CHAHUD, E. "Patologias em estruturas de madeira devido às ligações: um estudo de caso". In: *Encontro Brasileiro em Madeira e em Estrutura de Madeira*, (São Paulo, 2006).

OLIVEIRA, C. F. de. "Autoconstrução em madeira". Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, 2003.

OLIVEIRA, J. T. DA S.; HELLMEISTER, J. C. "Caracterização da Madeira de Eucalipto para a Construção Civil". Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 1998.

PAOLIELLO, M. A. "Edificações pré-fabricadas em madeiras de plantios florestais: uma discussão sobre

sustentabilidade como base para recomendações de projeto". Universidade Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2005.

PARTEL, P. M. P. "Sistemas estruturais e construtivos utilizando madeira roliça de reflorestamento". Universidade de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, 1999.

PRUDENCIO, W. J. "A durabilidade da construção é fator de custo". In: *Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, (Rio de Janeiro, 1995).

Revista da Madeira. Características intrínsecas da madeira. Edição nº59, 2001- [ref. Setembro de 2001]. Disponível em: http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=4&subject=Caracter%C3%ADsticas&title=Caracter%C3%ADsticas%20Intr%C3%ADnsecas%20da%20Madeira.

SHIMBO, I.; INO, A. "A madeira de reflorestamento como alternativa sustentável para produção de habitação social". In: *Encontro Nacional sobre Edificações e Comunidade Sustentáveis*, (Canela/ Rio Grande do Sul, 1997), P. 157-162.

SILVA, R. D.; BASSO, A. "Análise de desempenho de habitações de interesse social em madeira: estudo de caso". In: *Encontro Nacional e Encontro Latino Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis*, (Canela/ Rio Grande do Sul, 2001).

Recibido 13|10|2011
Aceptado 03|12|2011